



2020 能源数据

王庆一　编著

2021年3月

VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

本报告由王庆一先生编写，绿色创新发展中心审核，能源基金会资助。

关于作者

王庆一，生于 1935 年，江苏江阴人，中国煤炭信息研究院研究员。王庆一先生是我国知名能源专家，中国能源研究会联合创始人，国家科委研究中心兼职研究员，中国矿业大学兼职教授，世界银行亚洲开发银行项目专家，美国能源基金会项目特聘专家，国网能源研究院特邀专家。1960 年到 2020 年，发表文章 293 篇，共计 411 万字。主持主导能源政策研究项目 69 项（其中海峡两岸项目 1 项，国际合作项目 35 项），撰写研究报告 320 万字。编著年度能源数据 264 万字（1980 年-2020 年）。著有《中国能源》、《能源年评》、《年度报告》、《能源字典》等专著，总计 177 万字。作品累计 1172 万字。

关于绿色创新发展中心

绿色创新发展中心（注册名：北京绿色伙伴咨询有限公司）是专注绿色低碳发展的战略咨询机构，通过跨学科、系统性、实证性的政策研究、梳理、比较和评估，推动低碳环境解决方案的精细化，可实施度。我们与多样的合作伙伴及利益相关方合作，共同推动实现零排放的未来；立足本土，讲述中国绿色低碳发展故事。

绿色创新发展中心是绿色低碳发展智库伙伴秘书处的执行机构、中国金融学会绿色金融专业委员会的理事单位和联合国亚太经济与社会委员会东北亚环境合作机制东北亚低碳城市平台的专家机构。也是北京绿色金融与可持续发展研究院旗下的气候与能源研究中心。绿色创新发展中心关注以下领域的研究、咨询和交流：

- 宏观气候政策
- 城市绿色低碳转型
- 绿色经济政策
- 行为减排

关于能源基金会

能源基金会（美国）北京办事处（简称“能源基金会”）于 1999 年在北京成立，是致力于中国可持续能源发展的非营利公益组织，其总部位于美国旧金山。能源基金会的愿景是通过推进可持续能源促进中国和世界的繁荣发展和气候安全。其使命是通过大幅增加可再生能源、显著提升能源效率、以及优化经济结构，帮助中国实现低碳发展、绿色经济增长，以及世界领先标准的空气质量。项目资助领域包括清洁电力、环境管理、工业节能、低碳转型、低碳城市、交通、策略传播七个方面。通过资助中国的相关机构开展政策研究、加强标准制定，推动能力建设并推广最佳实践，助力中国应对能源挑战。

免责声明：本报告由能源基金会资助完成。报告内容属于作者研究成果，不代表资助方的立场和观点。

引用建议：王庆一(2020). 2020 能源数据. 北京: 绿色创新发展中心.

目录

一、能源与经济 7

表 1 中国能源与经济主要指标........7
表 2 中国 70 年经济和社会沧桑巨变........9
表 3 中国能源 70 年........13
表 4 中国煤炭 70 年........16
表 5 中国电力 70 年........19
表 7 中国省份能源与经济主要指标........21
表 8 中国省份 GDP 和人均 GDP 排行........22
表 9 中国百城人均 GDP 排行........23
表 10 世界 GDP 和人均 GDP 排行........24
表 11 人均能源与经济指标的国际比较........25
表 12 中美经济和社会发展水平差距........25
表 13 中国经济和能源消费的地区、城乡及贫富差距........29
表 14 中国能源和电力消费弹性系数........30
表 15 中国耗能产品和设备产量占全球比重........31
表 16 中国高耗能产品和终端用能设备产量........32
表 17 中国最富裕城市居民生活水平的国际比较........32
表 18 中国城乡居民生活水平和能源消费........33
表 19 中国农村电气化和贫困状况........34
表 20 中国人类发展指数........35
表 21 中外石油公司业绩比较........35
表 22 列入 2019 全球 500 强的中国能源企业........36

二、一次能源供应 37

表 23 世界化石燃料可采储量和储产比........37
表 24 世界十大油田........38
表 25 世界十大煤田........38
表 26 中国煤炭、石油、天然气资源和储量........39
表 27 世界原油、天然气、煤炭产量........40
表 28 中国分品种能源产量........41
表 29 中国和世界最大能源及耗能产品生产企业........42
表 30 世界十大石油和天然气公司........43
表 31 中国十大油田原油产量........43
表 32 世界原油加工能力........44
表 33 世界十大炼油厂........44
表 34 中国原油加工量及主要产品产量........45
表 35 世界十大煤炭公司........45
表 36 中国前 10 名产煤省份原煤产量........46
表 37 中国十大煤炭公司........46
表 38 中国煤炭工业主要指标........47
表 39 中国能源工业固定资产投资........47

三、电力 48

表 40 世界发电量........48
表 41 部分国家电源结构........48
表 42 世界十大火电站........49

表 43 世界十大水电站......49
表 44 世界核电装机容量和发电量......50
表 45 中国发电装机容量和发电量......50
表 46 中国五大发电集团......51
表 47 中国电力工业主要指标......51
四、新能源和可再生能源......52
表 48 中国可再生能源资源......52
表 49 中国可再生能源开发利用量......53
表 50 中国用于建筑的可再生能源......55
表 51 世界可再生能源开发利用量......55
表 52 世界水电装机容量......56
表 53 世界风力发电装机容量......56
表 54 世界光伏发电装机容量......57
表 55 世界地热发电装机容量......57
表 56 世界生物燃料产量......58
五、能源消费......59
表 57 世界一次能源消费量及结构......59
表 58 中国一次能源消费量及结构......60
表 59 中国分部门终端能源消费量及结构......61
表 60 世界化石燃料消费量......62
表 61 中国四大煤炭用户用煤量......63
表 62 中国分品种石油制品消费量......63
表 63 中国天然气消费量及结构......63
表 64 中国人均用电量......64
表 65 中国制造业能源消费量......65
表 66 世界十大钢铁公司......66
表 67 世界十大水泥公司......66
表 68 中国各种运输线路长度......67
表 69 中国各种运输方式运量、周转量和交通工具拥有量......68
表 70 中国交通运输能源消费量......69
表 71 中国农业和农村能源指标......69
表 72 中国房屋建筑面积......70
表 73 中国家用耗能器具和设备普及率......70
表 74 中国家用电器用电量......71
表 75 美国居民家庭用电......72
表 76 中国公共机构能源消费量......73
表 77 中国的能源浪费......74
六、能源效率和节能......76
表 78 中国历年节能率和节能量......76
表 79 中国 2019 年节能量......77
表 80 中国 2019 年制造业节能量......78
表 81 中国 2019 年交通运输节能量......79
表 82 中国 2019 年建筑节能量......79
表 83 部分国家和地区单位 GDP 能耗......79
表 84 中国物理能源效率......80

表 85 中国高耗能产品能耗........83
表 87 高耗能行业集中度国际比较........84
表 88 中国高耗能行业产能利用率........86
表 90 中国调整产品结构节能........87
表 91 中国调整产业和行业结构节能........88
表 92 中国节能服务产业........88
表 93 中国政府节能采购........89

七、能源贸易........90

表 94 中国能源进出口........90
表 95 中国能源对外依存度........91
表 96 中国原油进口来源........92
表 97 中国石油进出口金额........92
表 98 世界石油贸易........93
表 99 世界煤炭贸易........94
表 100 世界天然气贸易........95
表 101 中国主要高耗能产品进出口量........96

八、能源价格........97

表 102 中国能源价格指数........97
表 103 中国能源价格........98
表 104 中国省份能源价格........99
表 105 国际市场能源价格........100
表 106 国际市场原油现货价格........100
表 107 各国汽油零售价........101
表 108 国际市场煤价........101
表 109 中国煤炭价格链........102
表 110 国际市场天然气价格........102

九、能源科技........103

表 111 全球能源和耗能产品生产企业研发投入排行........103
表 112 中国能源和高耗能行业企业研究开发经费........104
表 113 美国能源部研究开发经费........105
表 114 中国领先世界的能源技术........106
表 115 应用低碳技术全球领先国家........107
表 116 中国零碳技术........106
表 117 中国能效和节能技术进步........109
表 118 中国工业低碳技术应用领先企业........106
表 119 中国洁净煤技术........111
表 120 中国煤炭工业主要指标比较........10611

十、能源与环境........112

表 121 中国的环境污染和生态破坏........112
表 122 中国主要污染物排放量........114
表 123 中国和世界 CO_2 排放........115
表 124 中国能源、电力大气污染物和 CO_2 排放系数........116
表 125 中国环境污染治理投资........117
表 126 中国节能环保资金投入........118

表 127 中国工业污染治理投资......118
表 128 散煤污染与治理......118
表 129 中国节能环保新机制......120
低碳技术 80 例......121
能源领域世界之最......136
能源名词释义......143
国际组织......150

一、能源与经济

表 1　　　　　　　　　　　　　中国能源与经济主要指标

	1949	1978	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019
人口/万人	54167	96529	126743	133920	137462	138271	139008	139538	140005
城镇人口比重/%	10.6	17.9	36.2	49.7	56.1	57.4	58.5	59.6	60.6
GDP 增长率/%		11.7	8.4	10.6	6.9	6.7	6.9	6.6	6.1
GDP/亿元	466	3650	99215	413030	689052	744127	827122	900309	990865
经济结构/%									
第一产业	68	27.9	15.1	10.1	9.0	8.6	7.9	7.2	7.1
第二产业	13.0	47.9	45.9	46.7	40.5	39.8	40.5	40.6	39.0
第三产业	19.0	24.2	39.0	43.2	50.5	51.6	51.6	52.2	53.9
人均 GDP/美元/人	23	149	949	4556	8007	8127	8836	9750	10276
一次能源消费量/Mtce	26.0	571.4	1469.6	3606.5	4299.1	4358.2	4490.0	4640.0	4860
原油进口依存度/%		-12.4	26.4	54.5	60.7	65.5	68.6	70.9	72.5
城镇居民人均可支配收入/元	100	343	6280	19109	31195	33616	36396	39251	42359
农村居民家庭人均纯收入/元	44	134	2253	5919	11422	12363	13432	14617	16021
民用汽车拥有量/万辆	5.1	135.8	1608.9	7801.8	16284.5	18574.5	20906.7	24028.0	26150
人均能耗/kgce	48	594	1160	2693	3128	3152	3230	3325	3471
人均用电/kWh	8	218	1063	2752	4142	4312	4538	4905	5157
发电量/TWh	41.3	256.6	1355.6	4207.1	5814.6	6133.2	6495.1	7111.8	7503.4
钢产量/Mt	0.16	31.8	128.5	637.2	803.8	808.4	870.7	928.0	996.3
水泥产量/Mt	0.66	65.2	597.0	1881.9	2359	2414	2331	2208	2350
货物出口总额/亿美元	5.5	97.5	2492.0	15777.5	22739.7	20976.3	22635.2	24809.9	24982.5
货物进口总额/亿美元	5.8	108.9	2250.9	3962.4	16795.6	15879.3	18409.8	21288.4	20752.6
PM2.5 浓度/微克/m^3			22	35	52	47	43	39	36
SO_2 排放量/Mt			19.95	21.85	18.59	17.55	16.15	15.07	14.41
人民币兑美元汇率		1.53	8.2785	6.7695	6.2284	6.6423	6.7518	6.6174	6.8985

注：1、2019 年城市化率为 46.3%。

2、GDP 按当年价格计算，增长率按不变价格计算。2018 年按不变价格计算为 118146 亿元，比 1952 年增长 174 倍。

3、2018 年，全国居民人均收入按不变价格计算比 1949 年增长 59.2 倍。

来源：国家统计局；国家海关总署；中国电力企业联合会；生态环境部。

解析

1、中国面临人口危机

人口低增长、老龄化加剧以及劳动年龄人口短缺，拖累中国经济增长。

2019 年，全国人口仅增长 0.36%，低于美国的 0.50%。2010 年进入老龄化社会，60 岁以上老年人占人口的 12.0%，2019 年达 18.1%。老龄化导致劳动年龄人口加速减少，2012-2019 年减少 2690 万，2019 年全国就业人员总量开始下降。珠三角、长三角劳动力短缺已成为制造业发展的主要瓶颈。劳动力成本大幅上升，工人工资远超南亚和东南亚。2017 年，广州达 1068 美元/月，为越南的 5.2 倍，印度的 7.9 倍。人工成本飙升，助推工厂自动化。2019 年我国工业机器人销量比 2016 年增加一倍。2018 年，全国养老保险参保人数达 9.68 亿，其中城镇职工 4.35 亿，城镇职工养老保险支出达 4.9 万亿元。

2、城镇化

世界通行为城市化。我国从 1991 年开始改为城镇化。

2019 年，全国城镇常住（连续居住 3 个月以上）人口 8.48 亿。城镇化率 60.6%。全国有 19883 个镇，人口 1.86 亿。2019 年城市常住人口 6.62 亿，城市化率为 47.3%。

中国的城市有大片农田和众多农村人口。城市面积大得出奇。重庆达 8.23 万 km^2，相当于 2.3 个台湾，而市区面积仅为 1350km^2。2019 年重庆人口 2885 万，其中农村人口 1279 万。北京面积 1.68 万 km^2，相当于半个台湾，市区面积仅 735km^2。

政府主导的城市化导致资源能源的惊人浪费。城市人均占地 130m^2，为世界平均 80m^2 的 1.6 倍。2018 年，全国城乡住房超常空置浪费能源 55.0Mtce。城市大拆大建，拆除短命建筑浪费能源 36.6Mtce，合计 91.6Mtce。

城市化扩大城乡贫富差距。2019 年，城镇 20%高收入户人均收入 91683 元，为农村 20%低收入户人均收入 4263 元的 51.5 倍。

“大城市病”愈演愈烈。空气污染，交通拥堵，资源紧张，房价高企。全国城市 PM2.5 浓度 2000 年为 22 微克/m^3，2013 年达 73 微克/m^3，增加 2.3 倍。北京 2017 年平均房价 67951 元/m^2，为 2000 年 4300 元/m^2 的 16 倍。

3、GDP 增长质量

劳动生产率和第三产业发展是经济增长的核心要素。我国 GDP 增长质量差，与发达国家的差距很大。

2019 年，中国劳动生产率 16672 美元/人，仅为美国 105369 美元/人的 15.8%。中国第三产业占比 53.9%，美国 80.6%。

4、人均 GDP

2019 年，中国人均 GDP10276 美元，仅为美国 65111 美元的 15.8%。

目前，中国属中等偏上收入国家。估计 2027 年 1.3 万美元，达到发达国家下限，与发达国家平均水平 4 万美元相比，还有很大差距。

据世界银行预测，2050 年，中国 3.73 万美元，美国 8.78 万美元。

5、人均用电

人均用电是电气化的一项重要指标。电气化是提高劳动生产率、促进经济增长以及提升生活质量的关键，是技术进步的前提。据国家统计局的一项研究，1996-2005 年，我国人均用电量从 868kWh 增至 4321kWh，增长 4 倍；劳动生产率由 1535 美元/人提高到 7318 美元/人，增长 3.8 倍；人均生活用电从 93 kWh 增至 584 kWh，增长 5.3 倍，与 GDP 增长 5.1 倍同步。2000～2019 年，我国人均用电从 1063kWh 增至 5157kWh，人均生活用电从 132kWh 增至 734kWh。2019 年，美国人均用电 11140kWh，人均生活用电 4865kWh，分别为中国的 2.2 倍和 6.6 倍。

6、货物进出口

我国 2009 年成为最大货物出口国，2013 年成为最大货物贸易国。但大而不强。由于制造业技术水平和创新能力远落后于发达国家，许多高端产品至今仍依赖进口。半导体芯片是电子产品的核心，是信息产业的基石。2019 年 70%靠进口，进口额达 3040 亿美元，超过石油进口额 2684 亿美元（原油 2513 亿美元，成品油 171 亿美元），是中国最大进口商品。汽车精密加工设备、大飞机发动机、高铁

牵引系统、重型燃气轮机、机器人关键零部件、高端数控机床、高端医疗器械，以及高端合金钢、铜材、碳纤维、靶材、陶瓷、光学膜等全靠进口。

表 2　　　　　　　　　　中国 70 年经济和社会沧桑巨变

新中国 70 年沧桑巨变，换了人间。1949 年，我国是世界上最穷的国家。十年浩劫后的 1978 年，经济濒临崩溃，民不聊生。改革开放推动经济腾飞，现今稳居世界第二大经济体，人均 GDP 超过 1 万美元，消除了贫困，彰显国力强盛。世界正经历百年未有的大变局，展望未来，面临严峻挑战。

	1949	1978	2018	2019
人口/万	54167	96529	139538	140005
人均预期寿命/岁	35	68	77	77.3
城市化率/%	10.6	17.9	46.3	47.3
GDP/亿元	466	3650	900309	990865
人均 GDP/元	23	156	9750	10276
人均收入/元				
城市	99.5	343	39231	42359
农村	44.0	134	14617	16021
经济结构/%				
第一产业	68	7.9	7.2	7.1
第二产业	13	42.9	40.6	39.0
第三产业	19	24.2	52.2	53.9
一次能源消费量/Mtce	26	571	4640	4860
人均能耗/kgce	48	594	3325	3471
用电量/亿 kWh	44	2140	68449	72255
人均用电/kWh	8.1	218	4905	5157
人均生活用电/kWh	1	14	694	734
人均衣着支出/元	购布 3.49m	32	1289	1338
人均食物耗量/kg	口粮 140	口粮 131	肉类 58.7 蛋类 29.2 奶类 23.4	肉类 53.5 蛋类 30.9 奶类 24.6
城镇人均居住建筑面积/m^2	4.5	3.6	39.0	40.7
城镇家用交通工具保有量/辆/百户	自行车 0.7	自行车 23.3	家用汽车 41.0	家用汽车 43.2
民用汽车保有量/万辆	5.1	135.8	24028.0	26150.0
科技人员/万	5	435	8705	10155
科研人员/万	0.05	31	438	480
高等学校毕业生/万	2.1	16.5	820.0	834.0
在华留学生/万	0.003	0.12	50.0	49.2
文盲率/%	80.0	18.5	4.95	4.08

货物进出口总额/亿美元				
出口	5.5	97.5	24829.9	24982.5
进口	5.8	108.9	21288.4	20752.6
外汇储备/亿美元	1.08	1.67	31399.5	31079.0
粮食产量/Mt	113.2	304.8	657.9	663.8
原煤产量/Mt	32.4	618.0	3683.0	3850.0
原油产量/Mt	0.12	104.1	189.1	191.0
粗钢产量/Mt	0.16	31.8	928.0	996.3
水泥产量/Mt	0.66	65.2	2207.7	2350.0
发电量/亿 kWh	41.3	2565.5	71666.7	75034.0
能源效率				
火力发电煤耗/gce/kWh	1000	434	290	289
万元 GDP 能耗/tce	55.8	19.2	3.1	2.6
生态环境				
森林覆盖率	8.6	12.0	21.7	22.96
二氧化硫排放量/Mt	0.1	10.0	15.1	14.4
美元兑人民币汇率	2.3195	1.7200	6.1674	6.8985

注：1、城市化率。我国从 1991 年开始改为城镇化率。2019 年，城市化率为 47.3%。2019 年城市人均收入、人均住房建筑面积、家用交通工具保有量为城镇。

2、2018 年 GDP 按不变价格计算为 81084 亿元，比 1952 年实际增长 174 倍。

3、2018 年人均 GDP 按不变价格计算为 978 美元，比 1952 年实际增长 70 倍。

4、2018 年全国居民人均收入按不变价格计算比 1949 年实际增长 59 倍。

5、1949 年无电人口占 90%，1978 年全国无电人口 4.5 亿，按有电人口计算，人均用电为 409kWh，人均生活用电 26kWh。

6、万元 GDP 能耗按不变价格计算。

7、美元兑人民币汇率为 1 美元等于人民币元。

一、成就卓著

1、经济腾飞

1949 年，我国一穷二白，是世界上最穷的国家，人均国民收入只有 16 美元，世界倒数第一。十年浩劫后的 1978 年，经济濒临崩溃，民不聊生，农村 2 亿人口食不果腹。改革开放推动经济腾飞，2010 年 GDP 超过日本。2018 年，GDP 比 1952 年实际增长 174 倍，现今稳居世界第二大经济体。

2、世界工厂

1949 年，我国工业非常落后，钢产量只有 16 万吨，占世界的 0.1%，始于 1970 年的严重缺电持续 20 年之久。1978 年以来，工业快速发展，2011 年工业产值超过美国居世界首位，被称为“世界工厂”。2019 年，中国生产全球 53%的粗钢，60%的水泥，80%的房间空调器，68%的手机。

3、摆脱贫困

1978-2019 年，我国有 8.5 亿人口摆脱贫困，占世界的 70%。2020 年，剩下的 551 万农村贫困人口，彻底消除贫困。中国减贫成就举世瞩目。

4、民生改善

1949-2018 年，按不变价格计算，全国居民人均收入增长 59 倍，2019 年达 4455 美元，进入中高收入国家行列。人均预期寿命由 1949 年的 35 岁增至 2019 年的 77.3 岁。1949 年，人均衣着支出仅 3.49 元（购布），2019 年达 1338 元。1949 年，人均口粮 140kg，2018 年人均肉类消费达 58.7kg，超过日本的 48.8kg。城镇居民人均居住建筑面积由 1949 年 4.5 ㎡增至 2019 年 40.7 ㎡。城镇居民百户家用交通工具拥有量，1949 年只有自行车 0.7 辆，2019 年家用汽车 43.2 辆。

5、技术进步

科技成果优异。（1）两弹一星。1964 年 10 月 16 日，第一颗原子弹爆炸成功。1967 年 6 月 17 日，第一颗氢弹爆炸成功。1970 年 4 月 24 日，第一颗人造卫星发射成功。（2）载人航天。2003 年 10 月 15 日，第一艘载人飞船发射成功。（3）国产航空母舰。2017 年 4 月 26 日，自主建造的首艘航母正式下水。（4）北斗卫星导航系统。2017 年 11 月 5 日，自行研制的全球卫星导航系统升空。（5）高速铁路。2019 年营运里程 3.5 万 km，占世界的 2/3。（6）电动汽车。2019 年保有量 333 万辆，远超美国的 145 万辆。（7）可再生能源发电。2019 年，水电、风电、光伏发电装机容量 819GW，远超美国的 265GW。（8）超级计算机。2019 年 227 台，居世界首位，美国 118 台。（9）移动支付。2019 年 347.1 万亿元，世界最多。（10）5G 通信。第 5 代移动通信技术应用规模遥遥领先，2020 年已建成基站 72 万座，美国仅 5 万座；年底用户达 2 亿，占全球 85%。

6、融入世界

2019 年，货物出口金额 24982.5 亿美元，进口金额 20752.6 亿美元。对外直接投资 1369.1 亿美元，实际使用外资 1412.3 亿美元。出国留学生 70.4 万，在华留学生 49.2 万。出境旅游 1.55 亿人次，入境旅游 1.45 亿人次。

二、严峻挑战

1、减碳艰难

2020 年 9 月，我国在联合国大会上宣布，力争 2060 年实现碳中和。占碳排放量 70%的煤炭首当其冲。煤炭是我国最廉价又易得的能源。全国每个省份都有煤（上海在徐州拥有大屯煤矿，2019 年产量 813 万吨）。2019 年，按热值计，发电用煤市场价为汽油零售价的 14%，民用天然气的 42%，民用电的 15%。去煤化遭遇多重阻碍，难度极大。

煤是许多地方的支柱产业，有的县的税收 60%以上靠煤炭。地方政府对减煤消极抵制，煤炭最大用户电力部门，2019 年煤电成本仅 0.25-0.30 元/kWh，天然气发电为煤电的 2-3 倍。2019 年，煤电在产能严重过剩的情况下，新增 1 亿 kW 装机容量，导致浪费煤炭 4.17 亿吨。我国散煤耗量惊人，2018 年用户 1.1 亿，消费量达 10.55 亿。2019 年减少 0.45 亿 t，占 4%。

2、经济转型

由于优先发展工业和城乡分割体制，城市化落后于工业化，导致第三产业发展滞后。2019 年，第三产业占 GDP 的 53.9%，落后于印度的 65.0%，世界平均值 63.10%。

3、资源约束

我国煤炭资源 90%分布在生态环境脆弱地区，开采条件差，生产成本高。2018 年，矿井平均开采深度已达 510m，最深 1450m。煤炭出矿价 66.1 美元/吨，为开采条件优越的美国的 1.7 倍；原煤生产效率 1052 吨/人/年，仅为美国的 12.5%。我国煤产量占世界近半，竟然是最大煤炭进口国，2019 年进口 3 亿吨。2019 年 6 月，广州港 5500kcal/kg 动煤市场价，国产煤 630 元/吨，比印尼煤高 25 元/吨。

油田小而分散，开采条件差，单井平均日产仅 2 吨，中东地区高达 685 吨。2018 年，国内开采成本 50 美元/桶，为中东地区的 10 倍。2019 年，我国原油进口依存度高达 72.5%。

4、环境恶化

城市大气中 PM2.5 平均浓度，2000 年为 22 微克/m³，2019 年达 36 微克/m³，为世界卫生组织安全标准 10 微克/m³ 的 3.6 倍。

SO_2 排放量。1949 年仅 0.1Mt。1978 年乡镇企业遍布各地，剧增至 10Mt。2019 年达 14.41Mt，仅次于印度。

废水中的化学需氧量。2000 年 14.45Mt，2019 年达 19.62Mt。

CO_2 排放量。1949 年 70Mt，2006 年超过美国成为最大排放国。2019 年达 8890Mt；人均排放量 6.35t，超过世界平均值 4.51t。

5、收入差距

居民、城乡、地区人均收入相差悬殊，而且趋于扩大。

2018 年，收入最高的 1%家庭拥有全国 1/3 的财富，收入最低的 1/4 家庭只拥有全国 1%的财富。

2019 年，城镇 20%高收入户人均收入 91683 元，为农村 20%低收入户人均收入 4263 元的 21.5 倍。城乡收入差距悬殊。农村种一亩地的年纯收入不及外出打工半个月的收入，导致很多乡村 30%以上的耕地撂荒。

2017 年，农村住房空置率高达 50%（包括只在春节十来天有人住的住房），导致浪费生产建房所需钢材和建筑材料耗用能源 19.5Mtce。

6、技术自立

我国战略核心技术创新能力非常薄弱，尚未掌握半导体芯片、超精密机床、工业机器人、顶尖精密仪器等技术。半导体芯片是我国进口金额最大的商品（3040 亿美元），进口依存度达 70%，受制于人。技术自立自强是当务之急。

表 3　　　　　　　　　　　　中国能源 70 年

当今世界，能源仍是经济增长的主引擎。我国是世界最大能源生产、消费和进口国，对世界地缘政治、经济发展、能源市场、国际通道和气候变化有重要影响。中国能源 70 年，成就卓著，面临严峻挑战。

	1949	1978	2019	备注
可采储量				
煤炭/亿 t	3	87	2704	2019 年保有探明储量煤炭 1.77 万亿吨，天然气 16.84 万亿 m^3
石油/亿 t	0.3	10	36	
天然气/万亿 m^3	0.01	0.23	8.40	
产量				
煤炭/Mt	32.4	618	3850	2019 年商品煤产量 3343Mt。2019 年页岩气产量 150 亿 m^3，煤层气 75 亿 m^3，煤制天然气 37 亿 m^3
石油/Mt	0.12	104.1	191.0	
天然气/亿 m^3	0.1	137.3	1761.7	
电力/亿 kWh	43.1	2565.5	75034.3	
进出口				
煤炭/Mt				
进口	0.04	2.44	299.70	煤炭、原油、天然气分别在 2011、2015 和 2018 年成为最大进口国。2019 年原油、天然气进口依存度分别达 72.5%和 43.4%。
出口	1.96	3.12	6.03	
原油/Mt				
进口	0.14	0.37	505.72	
出口	—	13.31	0.88	
天然气/亿 m^3				
进口	—	—	1323.0	
出口	—	—	34.8	
一次能源消费				
消费量/Mtce	26.0	571.4	4860	
消费结构/%				
煤炭	96.3	70.7	57.7	2019 年消费量，煤按商品煤计为 4490，煤占比为 54.4%
石油	3.7	22.7	19.6	
天然气	—	3.2	8.3	
核电、水电、风电	—	3.4	14.4	
人均能耗/kgce	48	594	3471	2019 年人均能耗按商品煤计为 3207。1978 年无电人口占 47%，按有电人口计，人均用电 409，人均生活用电 26。
人均用电/kWh	8	218	5157	
人均生活用电/kWh	<1	14	732	

更多资料，欢迎访问 www.wenku120.com

火力发电煤耗/gce/kWh	1000	434	289	
SO_2 排放量/Mt	0.1	1.1	14.41	
CO_2 排放量/Mt	70	1400	8890	中国 CO_2 排放量 2009 年居世界首位。2019 年人均排放 6.35t，超过世界平均值 4.51t.

一、成就

1、支撑经济发展

1952~2018 年全国一次能源消费量增长 98 倍，而 GDP 增长 174 倍。以较少的能源增量支撑经济的迅速发展，这在发展中国家中是罕见的。1976~2015 年，发展中国家能源消费弹性系数为 1.13。

2、保障改善民生

1949 年，全国人均能耗只有 48kgce，2019 年达 3471kgce。人均用电 1949 年仅 8kWh（全国无电人口占 90%），2019 年达 5157kWh。人均生活用电 1949 年不足 1kWh，2019 年达 732kWh。2015 年消除无电人口，这是了不起的成就。全球还有 8.4 亿，其中印度近 1 亿。

3、结构调整升级

1949 年，煤占一次能源消费量的 96.3%。2019 年下降到 57.7%，石油 19.10%，天然气 8.3%，核电、水电和风电 14.4%。

4、节能成效卓著

按 2018 年价格计算，万元 GDP 能耗从 1953 年的 910kgce，降至 2018 年的 520kgce，下降 43%。1995~2015 年，中国节能量占全球的 52%，2016~2019 年节能量 6.52 亿 tce，超过一次能源消费增量 5.02 亿 tce。

5、能源技术创新

2019 年世界领先的技术有：高速铁路，营运里程 3.5 万 km，占世界 2/3。电动汽车保有量 333 万辆，远超美国的 145 万辆。超超临界燃煤发电，百万千瓦机组 111 台，超过其他国家总和。可再生能源发电，风电、光伏发电装机容量 414.9GW，远超美国的 229.2GW。特高压输电，最高电压等级 1100kV，世界最高。

二、挑战

1、减碳艰难

2019 年，我国承诺 2060 年实现碳中和。碳排放量占 70%的煤炭首当其冲。去煤化遭遇多重阻碍，难度极大。煤是许多地方的支柱产业，有的县的税收 60%以上靠煤，对减煤消极抵制。在电力部门，目前煤电成本仅 0.3 元/kWh，气电成本为煤电的 2-3 倍。2019 年煤电产能过剩浪费煤炭 4.17 亿吨。全国散煤用户 2018 年多达 1.1 亿户，耗煤 10.55 亿吨。2019 年减少 0.45 亿吨，仅占 4%。

2、资源约束

煤炭资源 90%分布在生态环境虽若地区，开采条件差，生产成本高。2018 年，矿井平均开采深度已达 510m，最深 1450m。煤炭出矿价 66.1 美元/吨，为开采条件优越的美国的 1.7 倍；原煤生产效率 1052 吨/人/年，仅为美国的 12.5%。

油田小而分散，开采条件差，单井平均日产仅 2 吨，中东地区高达 685 吨。2018 年开采成本 50 美元/桶，为中东地区的 10 倍。2019 年，我国原油进口依存度高达 72.5%。

3、环境恶化

SO_2 排放量。1949 年仅 0.1Mt。2019 年达 14.41Mt，仅次于印度。

CO_2 排放量。1947 年 70Mt，2019 年达 8890Mt，为美国 4965Mt 的 1.8 倍。人均排放量 6.35t，超过世界平均值 4.51t。

4、体制僵化

能源体制很大程度上仍在走计划经济的老路。石油、石化、电力、煤炭等企业仍是行政性垄断，阻碍公平竞争和技术创新，效益低下。2018 年，中国石油天然气集团公司人均油气产量 117.8toe，人均营业收入 26.3 万美元，人均利润 0.15 万美元，分别为埃克森美孚公司的 7.3%、6.4%和 0.5%。

5、改革滞后

能源领域市场化改革严重滞后。政府过度使用行政手段，规定成品油价格下限、电煤合同基准价、管道天然气门站价和输配电价。2018 年，占煤炭销量 85%的长协煤（煤炭企业与用户签订的供销合同煤，为期 5 年），政府定价为 559 元/吨，比市场价少 150 元/吨。价格扭曲助长煤炭浪费。

表 4　　　　　　　　　　　　　中国煤炭 70 年

我国是世界上少数几个能源以煤为主的国家之一。2019 年煤占一次能源消费量的 57.7%，美国 12.0%，欧盟 13.2%，世界平均 27.0%。煤炭消费量极其巨大，2019 年达 39.4 亿吨，占世界的 53.8%。实际消费量达 43.4 亿吨，包括未列入统计的规模以下小矿产销量 1.0 亿吨，违法违规超产和无票据销量 3.0 亿吨。

1949 年，原煤产量 32.4Mt，2019 年达 3850Mt，增长 118 倍。我国是世界最大煤炭生产和消费国，煤田勘探、矿井建设和开采、煤炭发电等洁净煤技术世界领先。展望未来，面临严峻挑战。

	1949	1978	2019
煤炭可采储量/亿 t	3	87	2704
原煤产量/Mt	32.4	618	3850
煤产量居世界位次	9	3	1
晋陕蒙产量占比/%	—	21	71
煤矿产能/亿 t	0.03	5.8	54.4
煤矿建设规模/Mt	0.4	21.5	641.0
煤矿数/万	0.02	8.00	0.53
原煤洗选比重/%	0.003	16.7	73.2
原煤进出口/Mt			
进口	0.04	2.44	299.67
出口	1.51	3.12	6.03
煤炭消费量/Mt	34	56.6	3939
其中：发电	9	113	1881
煤炭消费量占世界比重/%	6.5	16.8	53.8
铁路运煤量/亿 t	—	4.0	24.6
煤占一次能源消费量比重/%	96.3	70.7	57.7
煤炭工业职工数/万	70	440	350
原煤生产效率/t/人/年	人工作业	140	1210
事故死亡人数	731	6001	316
事故死亡率/人/Mt	22.541	9.713	0.082
发电煤耗/gce/kWh	1000	434	239
燃煤 CO_2 排放量/Mt	87	1445	7496
民用煤消费量/Mt	烧煤居民不到 10%	101	295
居民室内烧煤导致呼吸系统疾病死亡人数/人	—	11	72

注：1、煤炭可采储量居世界首位，但人均储量仅为美国的 25%。
　　2、2019 年商品煤产量 3343Mt。
　　3、原煤产量 2003 年超过美国居世界首位。
来源：国家统计局；中国煤炭工业协会；自然资源部；中国电力企业联合会。

需要说明的是，联合国早有规定，煤炭应按商品煤计量。商品煤是煤矿生产的原煤经过洗选，除去矸石等杂质供销售的煤。目前洗选脱除的矸石占原煤产量的 18%。我国煤炭计量从 1950 年代开始照搬前苏联的概念和方法，按原煤计量，沿用至今。这是我国能源改革严重滞后的一大弊端，改正刻不容缓。现今世界上只有中俄等少数几个国家按原煤计量。这带来严重的消极后果，人为推高煤炭供需、能源强度、污染物和 CO_2 排放量等指标。2019 年按原煤和商品煤计算的数据如下。

	按原煤计	按商品煤计
煤产量/Mt	3850	3343
煤炭消费量/Mt	3939	3420
一次能源消费量/Mtce	4860	4490
煤占一次能源消费量比重/%	57.7	54.4
万元 GDP 能耗/tce	123.8	115.6
人均能耗/kgce	3471	3207
煤矿生产效率/t/人/年	1210	1486
燃煤 CO_2 排放量/Mt	9826	8890

一、成就

1、保障经济社会发展

1949~2019 年，我国 GDP 增长 174 倍，煤炭消费增长 114 倍。意味着以较少的能源增长支撑经济的迅速发展，这在发展中国家中是罕见的。

2、煤田勘探增储

1949~1952 年，全国煤炭探明储量仅 3 亿 t，2019 年保有探明储量达 1.7 万亿 t。我国卫星遥感等物理勘探技术世界领先。1984 年，在陕蒙交界处发现神木—东胜煤田，探明储量达 2236 亿 t，为世界最大煤田。2005 年在新疆发现淮东煤田，探明储量 2136 亿 t。

3、建设现代化矿井

我国已能设计、建设年产千万吨级现代化矿井，并提供国产成套设备。1949~1952 年，新建矿井 20 处，年产能力 1293 万 t。2019 年，全国煤矿在建规模达 15 亿 t，其中千万吨级煤矿 15 处，矿井建设技术世界领先。自主研制的煤矿井筒钻井机，最大钻井直径达 12m，最大钻井深度 800m。

4、生产集中化

1978 年，全国煤矿多达 8 万处，每矿平均产量仅 0.8 万 t。随着煤矿大型化，生产集中度大幅提高。2019 年，全国矿数减少到 5356 处，每矿平均年产 71.9 万 t。神东矿区补连塔矿，2019 年产量达 2800 万 t，为世界最大矿井，原煤生产效率高达 5 万 t/人/年。

煤产地分布向蒙晋陕集中。1980 年，3 省份产量占全国的 26.4%，2019 年上升到 71.0%，蒙晋陕分别占 28%、26%和 17%。

5、采煤智能化

2020 年 4 月，全国已建成 200 多个智能采煤工作面。采煤设备在采区巷道和地面集控室遥控，设备无人值守，有人巡视，原煤日产量达 2 万 t。

6、高效低排放利用

2019 年，选煤、型煤、水煤浆、超超临界燃煤发电、循环流化床锅炉、高效工业锅炉、高效民用和服务业小煤炉节能 334Mt，减排 CO_2 646Mt。

二、严峻挑战

形势非常严峻

1、脱碳极难

2020年9月，我国承诺2060年实现碳中和，达此目标难度极大。

我国经济社会发展对能源的依赖向来以煤为主，已经形成“碳锁定”。减煤很难，代价很高。早在2005年制订的“十一五”规划就提出控煤，2010年煤产量控制在26.0亿t，实际产量达到34.3亿t。此后，去煤化风行全球，中国逆势上扬。2019年产量达38.5亿t，实际产量高达42.5亿t，其中包括未列入统计的规模以下小矿产销量1.0亿t，违法违规超产和无票据销量3.0亿t。煤炭新增产能超过淘汰产能，2018年，新增1.94亿吨，淘汰1.50亿吨。2019年，煤炭产能高达52.7亿吨，利用率73.1%。究其原因，煤炭是中国最廉价的能源，2019年，按热值计，发电用煤市场价为汽油零售价的14%，民用天然气的42%，民用电的15%。减煤代价很大。减煤1亿t，需安置失业人员25万，补贴200亿元。失业人员因补贴偏低生活困难。千万吨级矿区振兴需投资1000亿元。

2、过度依赖

我国是世界上经济社会发展对煤炭依赖最大的国家之一。2018年，单位GDP煤耗为世界平均值的3.2倍。这导致严重后果。以世界最大煤产地山西为例。2019年山西煤产量达9.71亿t，占全国的25.2%。焦炭产量9700万t，占全国的20.6%。2017年，山西煤占一次能源消费量比重高达罕见的84.6%。山西空气质量指数全国倒数第一，SO_2浓度全国最高。选煤厂和炼焦厂废水排入河道。严重的大气和水污染，导致山西肺癌发病率高达全国平均值的2倍，死亡2万多人。山西经济社会发展落后，2019年，农村人均收入12902元，仅为上海人均收入的18.6%，接近农村特困地区人均收入11443元。山西人均寿命74.9岁，比上海短8.8岁。

3、资源缺陷

煤炭资源90%分布在生态环境脆弱地区。2018年，矿井平均开采深度已达510m，有47个矿井超过1000m，最深达1450m。高瓦斯（甲烷）以及煤与瓦斯突出矿井1831处。与开采条件优越的美国（矿井平均采深90m，露天矿产量占57%）相比，生产效率低，成本高。中国煤矿职工人均年产煤1052t，仅为美国10784t的9.8%。中国煤炭平均出矿价66.1美元/t，为美国38.5美元/t的1.7倍。

4、雾霾元凶

2015年，烧煤对全国PM2.5和SO_2排放量的贡献率分别达62%和80%。2019年，全国PM2.5平均浓度仍达36微克/m³，为世界卫生组织安全标准10微克/m³的3.6倍，美国平均浓度为8.5微克/m³。

5、民生之殇

煤炭是我国主要民用燃料。2010年，全国3.5亿居民烧煤2.10亿t。由于长期遭忽视，2019年增至2.95亿t。美国居民早已不烧煤。2019年，全国居民烧煤造成的室内空气污染，导致呼吸系统疾病死亡72万人。时至今日，我国2020年人均收入已达高收入国家的4/5，竟然还存在如此严重的民生问题，令人扼腕。

6、改革滞后

我国煤业市场化改革严重滞后，行政干预过多，政企不分，权力缺乏监督，效益低下并滋生腐败。2015-2018年，山西惩治煤炭系统塌方式腐败，举国震惊。七大煤炭集团负责人均告落马，无一幸免。占煤炭销量85%的长协煤（煤炭企业与用户签订的供销合同煤）由政府定价，2018年为559元/t，市场价少150元/t。价格扭曲助长煤炭浪费。

表 5　　　　　　　　　中国电力 70 年

	1949	1978	2019
发电装机容量/万 KW	185	5712	201066
水电	16	1728	35640
火电	168	3984	119055
核电	—	—	4870
风电	—	—	21005
光伏发电	—	—	20468
发电量/亿 kWh	43.1	2565.5	75034
水电	7.0	446.0	13004
火电	36.1	2119.5	52202
核电	—	—	3484
风电	—	—	4057
光伏发电	—	—	2238
发电量占世界位次	25	7	1
全社会用电量/亿 kWh	34.6	2498	72255
人均用电/kWh	8	218	5157
人均生活用电/kWh	<1	6	734
无电人口占全国人口比重/%	90	47	0
输电线路长度/万 km	0.25	23.65	75.48
电网最高电压等级/kV	220	500	1100
发电煤耗/gce/kWh	1000	471	289

注：1、1978 年人均用电按有电人口计算为 409kWh，人均生活用电 26kWh。
　　2、2015 年 12 月 23 日，我国最后 3.98 万青海无电人口通电。
来源：国家统计局；中国电力企业联合会。

表 6 **2035、2050 中国能源与经济展望**

	2019	2035	2050	备注
人口总数/亿	14.0	14.3	13.95	国家卫生健康委员会
城市化率/%	47.3	70.0	80.0	2019 年城镇化率 60.6% 2035 中国发展研究基金会，2050 中国社会科学院
GDP/万亿美元	14.36	32	53	2035 北京大学光学管理学院，2050 高盛公司
人均 GDP/万美元	1.03	2.2	4.7	
第三产业占比/%	53.9	70	80	2035、2050 中国社会科学院
一次能源消费量/亿 tce	48.6	40	25.0	2035 国家能源局，2050 能源转型委员会（中国成员有：国务院发展研究中心、华能、中石化、清华大学气候变化和可持续发展研究院）
煤炭占比/%	57.7	40	8	2035 国家发改委，2050 国家技术经济研究院
可再生能源占比/%	12	40	70	2035 国网能源研究院，2050 能源转型委员会
用电量/万亿 kWh	7.2	9.6	15.0	2035 国网能源研究院，2050 能源转型委员会
可再生能源电力占发电量比重/%	26	40	100	2050 电力部门完全脱碳，能源转型委员会
CO_2 排放量/亿 t	88.9	72.7	4.3	2050 采取植树造林、碳捕集和封存等措施实现碳净零排放

表 7　　　　　　　　　　中国省份能源与经济主要指标（2019 年）

地区	人口/万	城镇化率%	GDP/亿元	第三产业占比/%	能耗总量/万 tce	人均 GDP/美元	人均能耗/kgce	人均可支配收入/元	人均用电 kWh
全国总计	140005	60.6	990865	53.9	486000	10276	3471	30733	5157
北京	2154	86.6	35371	83.5	7219	23804	3351	67756	5413
天津	1562	83.5	14104	63.5	8283	13089	5303	42404	5620
河北	7592	57.6	35105	51.3	30720	6741	4046	25665	5079
山 西	3729	59.6	17027	51.4	20822	6639	5584	23829	6066
内 蒙 古	2540	63.4	17213	49.6	21887	9827	8617	30555	14382
辽 宁	4352	68.1	24909	53.0	22936	8277	5270	31820	5517
吉 林	2691	58.3	11727	53.8	8167	6291	3035	24563	2899
黑 龙 江	3751	60.9	13613	50.1	12737	5233	3396	24254	2655
上 海	2428	88.3	38155	72.7	12108	22817	4987	69442	6462
江 苏	8070	70.6	99632	51.3	32310	17897	4004	41400	7762
浙 江	5850	70.0	62352	54.0	21724	15450	3714	49899	8044
安 徽	6366	55.8	37114	50.8	13613	8509	2138	26415	3615
福 建	3973	66.5	42395	45.3	13470	15468	3390	35616	6046
江 西	4666	57.4	24758	47.5	9364	7726	2007	26262	3292
山 东	10070	61.5	71068	53.0	39458	12030	3918	31597	6176
河 南	9640	53.2	54259	48.0	22623	8190	2347	23903	3490
湖 北	5927	61.0	45828	50.0	17802	11208	3004	28320	3735
湖 南	6918	57.2	39752	53.2	16640	8350	2405	27680	2694
广 东	11521	71.4	107671	55.5	33118	13547	2875	39014	5812
广 西	4960	51.1	21237	50.7	10886	6248	2195	23328	3845
海 南	945	59.3	5309	59.0	2193	8234	2296	26680	3757
重 庆	3124	66.8	23606	52.2	9917	10781	3175	28920	3713
四 川	8375	53.7	46616	52.4	22836	8103	2727	24703	3147
贵 州	3623	49.0	16769	50.3	10891	6755	3006	20397	4253
云 南	4858	48.9	23224	52.6	12683	6973	2611	22082	3730
西 藏	351	31.5	1648	54.4	—	7161	—	19501	2225
陕 西	3876	59.4	25793	45.8	13101	9683	3380	24666	4933
甘 肃	2647	48.4	8718	55.1	7530	4798	2045	19139	4866
青 海	608	55.5	2966	50.7	4076	7132	6704	22618	11776
宁 夏	695	59.9	3748	50.3	6989	7900	11056	24412	15597
新 疆	2523	51.9	13597	51.6	18175	7929	7204	23103	11367

来源：国家统计局；各省份统计局。

表 8　　　　　　　　中国省份 GDP 和人均 GDP 排行（2019 年）

GDP/亿美元		
1	广东	15608
2	江苏	14443
3	山东	10302
4	浙江	9038
5	河南	7865
6	四川	6757
7	湖北	6643
8	福建	6146
9	台湾	6115
10	湖南	5762
11	上海	5531
12	安徽	5380
13	北京	5127
14	河北	5091
15	辽宁	3611
人均 GDP/美元		
1	北京	23804
2	上海	22817
3	江苏	17897
4	福建	15468
5	浙江	15450
6	广东	13547
7	天津	13089
8	山东	12030
9	湖北	11208
10	重庆	10781
11	内蒙古	9827

来源：国家统计局。

表 9　　中国百城人均 GDP 排行（2019 年）

	城市	美元/人	人口/万		城市	美元/人	人口/万
1	神木	40738	49	51	三亚	12679	77
2	太仓	37252	72	52	唐山	12568	794
3	昆山	35196	167	53	榆林	12102	341
4	江阴	35095	165	54	嘉兴	11882	480
5	招远	34220	583	55	沈阳	11279	832
6	张家港	31312	126	56	淄博	11229	470
7	克拉玛依	30526	46	57	柳州	11220	276
8	深圳	29045	1344	58	长春	11143	753
9	宜兴	27197	126	59	重庆	10992	3124
10	苏州	25939	1075	60	兰州	10959	375
11	无锡	25935	659	61	洛阳	10593	689
12	鄂尔多斯	25028	209	62	温州	10297	930
13	珠海	24611	202	63	连云港	10089	451
14	南京	23912	851	64	江门	9853	463
15	北京	23809	2154	65	许昌	9846	500
16	上海	22780	2428	66	岳阳	9447	580
17	常州	22652	474	67	宿迁	9094	494
18	广州	22388	1531	68	南宁	9009	725
19	烟台	21818	714	69	攀枝花	8954	144
20	杭州	21510	1036	70	三明	8136	259
21	武汉	21230	1531	71	银川	8092	871
22	东营	19391	218	72	遵义	8066	828
23	东莞	19195	846	73	石家庄	7673	1103
24	佛山	19102	816	74	济宁	7568	870
25	镇江	18676	813	75	德州	7540	581
26	南通	18587	732	76	哈尔滨	7494	1068
27	青岛	18117	939	77	茂名	7354	641
28	榆林	17582	341	78	新乡	7306	579
29	福州	17463	780	79	沧州	6889	754
30	济南	17386	891	80	衡阳	6648	730
31	大连	16954	599	81	九江	6374	490
32	舟山	16907	118	82	临沂	6249	1067
33	合肥	16656	819	83	枣庄	6248	372
34	泉州	16504	874	84	湛江	6088	736
35	郑州	15855	1060	85	保定	5972	1149
36	宜昌	15635	414	86	邯郸	5884	453
37	威海	14792	306	87	周口	5827	981
38	龙岩	14710	264	88	赣州	5780	871
39	乌鲁木齐	14266	351	89	菏泽	5636	877

40	芜湖	13875	378	90	南阳	5520	1001
41	昆明	13704	685	91	金华	4562	562
42	西安	13507	1000	92	衡水	4428	442
43	太原	13395	446	93	新乡	4230	529
44	漳州	13321	516	94	保定	4192	1149
45	徐州	13302	883	95	毕节	4117	669
46	拉萨	13017	69	96	邢台	3984	726
47	呼和浩特	12943	313	97	齐齐哈尔	3293	527
48	镇江	12884	231	98	天水	2733	335
49	扬州	12860	445	99	和田	2202	248
50	南通	12822	731	100	玉树	2081	425

表 10　　世界 GDP 和人均 GDP 排行（2019 年）

	GDP		人均 GDP	
	位次	亿美元	位次	美元
美国	1	214395	7	65281
中国	2	141402	66	10276
日本	3	51545	26	40247
德国	4	38633	17	46259
印度	5	29356	139	2104
英国	6	27456	22	42300
法国	7	27071	25	40494
意大利	8	19886	27	33190
巴西	9	18470	75	8717
加拿大	10	17309	18	46195
俄罗斯	11	16379	61	11585
韩国	12	16295	31	31762
西班牙	13	13979	33	29614
澳大利亚	14	13763	11	50907
墨西哥	15	12742	68	9863
世界		877520		11426

注：中国人均 GDP 为国家统计局数据。
来源：IMF。

表 11　　　　　　　　　人均能源与经济指标的国际比较（2019 年）

	中国	美国	欧盟	日本	俄罗斯	印度	世界
人口/百万	1400.0	328.8	515.0	126.2	146.7	1366.4	7579.0
人均 GDP/美元	10276	65111	35748	40844	11162	2171	11355
人均化石燃料可采储量							
煤/t	193	759	148	3	1622	80	145
石油/t	2.57	23.08	1.17	0.05	100.20	0.21	32.30
天然气/m^3	6000	39234	1974	164	262857	971	26230
人均一次能源消费量/kgce	3384	9819	5312	5049	6933	851	2629
人均发电量/kWh	5360	13386	7192	8212	7622	1141	3563
人均钢产量/kg	172	304	352	787	488	81	247
每千人汽车拥有量/辆	173	837	531	591	373	32	170
人均 CO_2 排放量/t-CO_2	6.35	15.19	7.44	11.64	10.44	1.83	4.51

注：中国化石燃料可采储量为中国自然资源部数据。
来源：中国国家统计局；IEA；World Bank；IMF； BP Statistical Review of World Energy，June 2020； 日本能源经济研究所，日本能源与经济统计手册；国际钢铁协会；世界汽车组织。

表 12　　　　　　　　　中美经济和社会发展水平差距

项目	中国	美国	备注
1. GDP/亿美元			
2000 年	11985	102848	中国为美国的 11.7%
2019 年	143636	214316	中国为美国的 67.0%
购买力平价 GDP	273100	214316	中国国家统计局，NBSPRC；国际货币基金组织（IMF）；世界银行(WB)
2. 人均 GDP/美元			
2000 年	949	36466	中国为美国的 2.6%
2019 年	10276	65281	中国为美国的 15.8%
购买力平价	19504	65111	
2050 年	37300	87800	中国为美国的 42.5%；WB 预测
3. 人均收入/美元			
2000 年	579	31199	中国为美国的 1.9%
2019 年	4455	68985	中国为美国的 6.5% NBSPRC； IMF

4. 城乡人均收入差距/城市人均收入/农村人均收入			
2000 年	2.79	1.17	NBSPRC； IMF
2019 年	2.64	1.00	
5. 人均消费支出/美元			
2019 年	4354	19067	中国为美国的 22.8%
6. 城市化率/%			
2019 年	47.3	82.0	中国相当于美国 1930 年水平。 NBSPRC；美国人口调查局
7. 产业结构/%（2019 年）			
第一产业	7.1	8	NBSPRC； WB
第二产业	39.0	11	
第三产业	53.9	81	
8. 劳动生产率/(美元/人）			
2019 年	16672	105369	中国为美国的 15.8%；中国国家统计局；世界劳工组织
9. 人均能耗/kgce			
2019 年	3471	10537	中国为美国的 32.9%，NBSPRC；美国能源部能源信息署，DOE/EIA
10. 人均用电/kWh	5157	11140	中国为美国的 46.3%
2019 年			
11. 人均生活用电/kWh 2019 年	732	4865	中国为美国的 15.0%；中国电力企业联合会，CEC；DOE/EIA
12. 农业			
2019 年从事农业生产人口	2.5 亿	300 万	中国为美国的 83 倍
人均产粮/t	2.7	191.0	美国为中国的 71 倍 NBSPRC； 美国农业部
13. 粮食进出口/万 t 2019 年	进口 10649	出口 12696	美国出口为大豆、玉米和小麦。中国国家海关总署，GAC；美国农业部
14. 制造业	制造业水平远落后于美国，成为制造强国至少要再发展 30 年	世界第一制造强国，生产全球 40% 高技术产品	苗圩，2017-11-07
2019 年	半导体芯片 70% 依靠进口 C-919 商用飞机 2021 年可交付	销售额占全球 50 % 波音商用飞机交付 375架，2018年806架	C-919 相当于波音 737，发动机是进口的

15. 交通运输			
千人汽车拥有量/辆 2019 年	187	850	中国为美国的 22% NBSPRC； 世界汽车组织
民用机场数/个	238	5170	美国航天局；中国民用航空总局
16. 货物进出口/万亿美元			NBSPRC；美国商务部
2019 年出口	2.49	1.65	
2019 年进口	2.08	2.57	
17. 科技			
技术创新指数 2018 年全球位次	17	6	世界知识产权组织，2018 全球创新指数
原创性技术创新	杂交水稻（2014）， 青蒿素（2015）	发明半导体芯片（1959），人工智能（1959），互联网（1973），云计算（2004）	华觉明，2014-04-01，国家食品药品监督管理总局
前沿技术			
2019 年人工智能企业/家	1189	2169	中国信息通信研究院
3D 打印开支/亿美元	19	54	国际数据公司
云计算市场规模/亿美元	169	1092	前瞻产业研究院，Gartner
18. 医疗			
医疗保健开支占 GDP 比重/%			
2019 年	6.6	18.0	中商产业研究院；美国医疗保险和补助服务中心
药品创新水平			
2019 年批准新药/种	国产 14 进口 39	48	中国为美国的 110% 中国国家食品药品监督管理局；美国食品药品监督管理局
高端医疗器械	80%靠进口，医疗器械制造企业无一家进入全球前 100 名	世界医疗器械制造企业前 10 名美国占 8 家	高端医疗器械包括 CT 机，核磁共振机，动态心电图机，可持续观察和储存脑电图机，数字化直接成像系统，伽玛刀 中华医学会
19. 教育			
2018 年 25~64 岁受过高等教育人口占比/%	17	44	中国为美国的 38.6% NBSPRC； OECD 调查
2019 年外国留学生人数/	49.2	109.5	中国教育部；美国教育部
高级技工占工人比例/%	5	40	中国工业和信息化部
20. 金融			

2019年外国直接投资/亿美元	1400	2510	NBSPRC；联合国贸发会议监测报告
2019年股票市值/万亿美元	7.8	47.0	纽约证券交易所
21. 环境			
大气环境质量			
2019年			
PM2.5平均浓度/（微克/m^3）	36	8.5	中国生态环境部；美国健康协会
散煤污染			
烧散煤量Mt（2018）	1055	—	中国烧散煤量包括： 未控污小锅炉490Mt，民用和服务业380Mt，自备电厂200Mt，砖窑和石灰窑75Mt。 美国居民和服务业室内已不烧散煤，露天烧烤煤球1.07Mt，仅占煤炭消费量的0.2%； 美国小锅炉燃煤的仅占3%；砖瓦生产大多使用天然气和燃料油 中国行业协会，中国生态环境部；美国DOE/EIA
散煤污染	烧1t散煤排放PM2.5 10.68kg，SO_2 10.17kg	—	散煤PM2.5和SO_2排放量分别为全国火电厂吨煤排放量的49倍和9倍。 民用散煤是京津冀重污染的主要成因。 河北省能源办公室，中国电力企业联合会
室内污染 2019年	居民家庭使用固体燃料（煤、薪柴、秸秆）造成的室内空气污染导致呼吸系统疾病死亡96.3万人	—	中国生态环境部，国家统计局
饮用水	自来水不能直接饮用	自来水能直接饮用	2018年，中国90%流经城市的河流受到严重污染，2亿居民使用不安全饮用水。

表 13　　　　　　　　　　　　中国经济和能源消费的地区、城乡及贫富差距

经济	
人均地区生产总值/美元（2019）	全国平均：10276 最高：北京 23804 最低：甘肃 4784
城镇居民家庭人均可支配收入/元（2019）	全国平均：42359 最高：上海 73615 最低：吉林 32299
农村居民家庭人均可支配收入/元（2019）	全国平均：16621 最高：上海 33195 最低：甘肃 9629
能源消费	
地区	
人均能耗/kgce（2019）	全国平均：3471 最高：宁夏 10056 最低：西藏 1383**
人均用电/kWh（2019）	全国平均：5157 最高：宁夏 15602 最低：西藏 2225
人均生活用电/kWh（2019）	全国平均：734 最高：北京 1168 最低：西藏 306*
城乡	
人均能耗/kgce（2019）	全国平均：3471 城镇：4642 农村：1580
人均用电/kWh（2019）	全国平均：5157 苏州：14367 农村：1719
人均生活用电/kWh（2019）	全国平均：734 城镇：深圳 1128* 农村：甘肃 264*
贫富	
贫富差距	2018 年，中国收入最高的 1%家庭拥有全国 1/3 的财富，收入最低的 1/4 家庭只拥有全国 1%的财富
城镇居民人均可支配收入/元（2019）	20%高收入户：91683 20%低收入户：15549
农村居民人均可支配收入/元（2019）	20%高收入户：36049 20%低收入户：4263
家用电脑每百户拥有量/台（2019）	全国平均：53.2 城镇：72.2 农村：27.5 最高：上海 112.5 最低：西藏农村 4.6
空调器每百户拥有量/台（2019）	全国平均：115.6 城镇：148.3 农村：71.3 最高：江苏 226.3 最低：西藏 0.6
家用汽车每百户拥有量/辆（2019）	全国平均：35.3 城镇：43.2 农村：24.7 最高：神木 100 最低：海南农村 10.3

注：*为 2016 年；**为 2017 年。
来源：国家统计局；省、市统计局；中国农业年鉴；中国电力企业联合会；贫富差距，北京大学中国社会科学调查中心，《中国民生发展报告 2018》。

表 14 **中国能源和电力消费弹性系数**

年份	能源消费比上年增长/%	电力消费比上 年增长/%	国内生产总值比上年增长/%	能源消费弹性系数	电力消费弹性系数
1990	1.8	6.2	3.8	0.47	1.63
1991	5.1	9.2	9.2	0.55	1.00
1992	5.2	11.5	14.2	0.37	0.81
1993	6.3	11.0	14.0	0.45	0.79
1994	5.8	9.9	13.1	0.44	0.76
1995	6.9	8.2	10.9	0.63	0.75
1996	3.1	7.4	10.0	0.31	0.74
1997	0.5	4.8	9.3	0.06	0.52
1998	0.2	2.8	7.8	0.03	0.36
1999	3.2	6.1	7.6	0.42	0.80
2000	4.5	9.5	8.4	0.54	1.13
2001	5.8	9.3	8.3	0.70	1.12
2002	9.0	11.8	9.1	0.99	1.30
2003	16.2	15.6	10.0	1.60	1.56
2004	16.8	15.4	10.1	1.66	1.52
2005	13.5	13.5	11.3	1.19	1.19
2006	9.6	14.6	12.7	0.76	1.15
2007	8.7	14.4	14.2	0.61	1.01
2008	2.9	5.6	9.6	0.30	0.58
2009	4.8	7.2	9.2	0.52	0.78
2010	7.3	13.2	10.6	0.69	1.25
2011	7.3	12.1	9.5	0.77	1.27
2012	3.9	5.9	7.7	0.51	0.77
2013	3.7	8.9	7.7	0.48	1.16
2014	2.1	4.0	7.3	0.29	0.55
2015	1.0	2.9	6.9	0.14	0.42
2016	1.4	5.6	6.7	0.21	0.84
2017	2.9	5.7	6.8	0.43	0.84
2018	3.3	8.5	6.6	0.50	1.29
2019	3.3	4.4	6.1	0.54	0.72

来源：国家统计局。

解析：

能源消费弹性系数是一次能源消费增长率与 GDP 增长率之比。GDP 和能源消费受多种因素影响，包括经济结构、经济体制、人口增长、人均收入、能源价格、能源结构、能源效率、国际贸易、气候条件、能源政策等。因此，在一个国家的年度之间以及不同国家之间有很大差异。1970 年代石油危机以来，能源来源和品种趋向多元化，节能取得很大进展，各种能源之间相互替代复杂多变，能源市场全球化和自由化。这些因素使得能源与经济的相互关系发生畸变。总的趋势是从紧密相关变得没有规律，甚至相互脱节。中国的这种情况尤其突出，波动极大，1998 年 0.03，2003 年 1.60，2008 年 0.30，2016 年 0.21，2017 年 0.43。可见，已经变得毫无规律可循。因此，既不能根据历史数据外推，更不能凭空设定一个弹性系数进行需求预测。

这种预测方法国际上早已被否定。1986 年第十三届世界能源大会的总结报告指出："1973 年以前，石油价格相对稳定，在一定时期内经济增长与能源需求之间有可能存在相当准确的关系。但石油危机后就做不到了。""在今后的研究中，对能源需求与经济增长进行简单的相关分析是危险的。"现在国外没有任何国家和国际组织采用这种预测方法。在我国，这种预测方法至今仍在应用，甚至用来进行规划。这可能导致决策失误。

表 15　　　　中国耗能产品和设备产量占全球比重（2019 年）

产品	产量	占全球比重%
粗钢	996.3Mt	53.3
电解铝	35.04Mt	56
稀土	13.2 万 t	63
钨	7.0 万 t	82.4
水泥	2350Mt	59.6
平板玻璃	9.3 亿重量箱	50
建筑陶瓷	110.6 亿 m^2	62
电石	25.88Mt	90
化纤	59.53Mt	75
汽车	2553 万辆	27.8
房间空调器	21866.2 万台	80
电冰箱	7904.3 万台	54
彩色电视机	18999.7 万台	70
洗衣机	7433 万台	52
微波炉	8499 万台	80
微型计算机	3.42 亿台	90
手机	17.0 亿部	68
锂动力电池	71GWh	42.6
LED 灯	176 亿只	80

来源：国家统计局；工业和信息化部；中国建材工业协会；中国陶瓷工业协会；中国化纤工业协会；中国家用电器协会；中国太阳能协会；中国照明电器协会；联合国工业发展组织。

表 16　　　　　　　　　　中国高耗能产品和终端用能设备产量

	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019
高耗能产品								
粗钢/Mt	66.4	128.5	637.2	803.8	807.6	870.7	928.0	996.3
水泥/Mt	209.7	597.0	1881.9	2359.2	2410.3	2330.8	2207.7	2350.0
电解铝/Mt	0.85	2.79	15.77	31.41	32.65	33.29	35.80	35.04
乙烯/Mt	1.57	4.70	14.21	17.15	17.81	18.22	18.41	20.52
农用化肥/Mt	18.80	31.86	63.38	74.32	66.30	58.92	54.24	57.31
终端用能设备/百万								
汽车	0.51	2.07	18.27	24.50	28.12	29.02	27.82	25.53
家用电冰箱	4.63	12.79	72.96	79.93	84.82	83.15	79.93	79.04
彩色电视机	10.33	39.36	118.30	144.76	157.70	159.33	188.35	190.00
房间空调器	0.24	18.27	108.88	142.00	143.42	178.62	204.86	218.66

来源：国家统计局。

表 17　　　　　　　　中国最富裕城市居民生活水平的国际比较（2019 年）

	北京	上海	深圳	鄂尔多斯	神木	日本东京
常住人口/万	2154	2428	1344	209	49	1350
城镇化率/%	86.6	88.1	100.0	75.1	70.3	
人均 GDP/美元	23803	22802	29498	25088	40617	73185
人均可支配收入/美元	9826	10671	9073	25150	24862	31001
人均住房建筑面积/㎡	39	41	40	42	38	35
私人汽车拥有量/辆/百户	54	39	75	96	90	46

注：私人汽车拥有量为城镇居民，东京为 2016 年。
来源：中国国家统计局；城市统计局；日本总务省统计局。

表 18　　中国城乡居民生活水平和能源消费

	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019
人均 GDP/美元	949	4556	8007	8127	8836	9750	10276
城镇居民人均可支配收入/元	6280	19109	31195	33616	36396	39251	42359
农村居民人均可支配收入/元	2253	5919	11422	12363	13432	14617	16021
城镇居民家庭恩格尔系数/%	39.4	35.7	29.7	29.3	28.6	27.7	27.6
农村居民家庭恩格尔系数/%	49.1	41.1	33.0	32.2	31.2	30.1	30.0
人均住房建筑面积/m^2							
城镇	20.3	31.6	33.5	36.6	36.9	39.0	39.8
农村	34.6	37.9	43.4	44.5	46.7	47.3	48.9
耗能器具和设备普及率/台/百户							
房间空调器							
城镇	30.8	112.1	114.6	123.7	128.6	142.2	148.3
农村	1.3	16.0	38.8	47.6	52.8	55.2	71.3
电冰箱							
城镇	80.1	96.6	94.0	96.4	98.0	100.9	102.5
农村	12.3	45.2	82.6	89.5	91.7	95.9	98.6
彩色电视机							
城镇	116.6	137.4	122.3	122.3	123.8	121.3	122.8
农村	48.7	111.8	116.9	118.8	120.8	116.6	117.6
家用计算机							
城镇	9.7	71.2	78.5	80.0	80.8	73.1	72.2
农村	0.5	10.4	25.7	27.9	29.2	26.9	27.5
家用汽车							
城镇	0.5	13.1	30.0	35.5	37.5	41.0	43.2
农村	—	—	13.3	17.4	19.3	22.3	24.7
人均能耗/kgce	1160	2693	3128	3153	3230	3325	3471
人均用电/kWh							
城镇	2574	4519	6212	6370	6587	7108	7399
农村	205	989	1496	1566	1652	1659	1719

来源：国家统计局；中国电力企业联合会。

表 19　　　　　　　　　　　　中国农村电气化和贫困状况

	1978	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019
农村人口/百万	790.14	808.37	674.15	603.46	589.73	576.61	564.01	551.62
贫困标准/元/人	100	625	2300	2855	3100	3300	3535	3747
贫困人口/百万	250.0	32.1	26.9	55.8	43.4	30.46	16.60	5.51
无电人口/百万	450.0	35.0	5.3	0	0	0	0	0
人均用电/kWh	218	205	989	1496	1566	1652	1659	1719

注：1、2010 年以后贫困标准以 2300 元不变价为基准。2020 年为 4000 元。
2、按照联合国标准（人均每天生活费不足 1 美元），中国 2018 年贫困人口为 2.12 亿。
3、2015 年末，最后 3.98 万无电人口用上了电。
4、2020 年 11 月 23 日，我国最后 9 个贫困县（贵州）实现脱贫。
来源：国家统计局；中国电力企业联合会；国家能源局；电监会。

解析：能源贫困的背后

国际能源机构的定义是：贫困人群的炊事和采暖依靠生物质或未能使用电力。能源贫困是贫困的特征，也是持续贫困的一个原因。能源贫困对健康造成严重危害，破坏生态环境，降低农业生产率，影响农村经济发展。

我国改革开放以来，经济和社会发展取得巨大成就，但能源贫困仍是一个严重问题。

目前，我国经济和能源贫富差距极为悬殊。2019 年，全国城镇高收入户人均可支配收入 91683 元，为农村低收入户的 21.5 倍。房间空调器百户拥有量最多的江苏达 226.3 台，西藏为 0.6 台。2015 年，人均生活用电深圳为 1128kWh，青海农村仅为 231kWh。时至今日，赤贫的农户有电也用不起。有些农户除了一盏节能灯（紧凑型荧光灯），再无其他电器。按节能灯功率 11W、每日使用 4 小时计，每户每月仅用电 1.3kWh，比 10 年前国家电网公司的调查数据 1.1kWh 稍高一点。

在我国最穷的地方，居民极端贫困的生存状况触目惊心。四川大凉山美姑县马依村，2017 年记者所见，居民家徒四壁，人畜混居，一块木板搭在 4 摞砖上就是床，三块砖架锅，煮些土豆就是一家五口的午餐。全村 1200 多人，文盲半文盲 1100 人。

在云、贵、川贫困地区，柴薪至今仍是居民的主要生活燃料。烧柴烟尘污染严重损害健康，砍伐林木破坏生态环境。

能源贫困与人类发展指数密切相关。人均薪柴消耗最多的贵州和西藏，2019 年人均预期寿命分别为 71.1 岁和 68.2 岁，比上海的 83.6 岁分别短 12.5 岁和 15.4 岁；6 岁以上高中文化程度人口占比，贵州和西藏分别为 11.99%和 6.39%，上海为 21.54%。

表 20　　　　　　　　　　中国人类发展指数（2019 年）

预期寿命/岁	文盲占 15 岁及以上人口比重/%	高中文化程度占 6 岁及以上人口比重/%	人均 GDP/ 美元	人均用电/kWh
全国 77.30	全国 4.59	全国 17.74	全国 10276	全国 5157
最长 上海 83.66	最小 辽宁 1.29	最大 天津 22.77	最高 北京 23804	最多 宁夏 15597
最短 西藏 68.17	最大 西藏 33.11	最小 西藏 6.62	最低 甘肃 4798	最少 西藏 2225
北京 82.30	天津 1.72	上海 21.15	上海 22817	内蒙古 14382
天津 81.79	北京 1.73	北京 21.12	江苏 17891	青海 11776
青海 69.96	青海 10.60	云南 11.96	广西 6248	黑龙江 2655
云南 69.54	甘肃 10.48	贵州 11.31	黑龙江 5233	湖南 2694

来源：2020 中国统计年鉴；中国电力企业联合会；预期寿命为省市统计。

表 21　　　　　　　　　　中外石油公司业绩比较（2019 年）

	中国石油天然气集团公司	埃克森美孚公司	英国石油公司
原油产量/Mt	177.1	113.1	109.6
营业收入/亿美元	3354	2649	2826
利润/亿美元	64.5	143.4	40.3
员工数/万人	138.2	7.5	7.0
人均原油产量/t	128.2	1510.7	1565.7
人均营业收入/万美元	26.3	353.2	403.7
人均利润/万美元	0.47	19.1	5.8

来源：美国《财富》中文网；美国《石油情报周刊》。

表 22　　列入 2019 全球 500 强的中国能源企业

排序	企业名称	营业收入/亿美元
2	中国石油化工集团	4070
3	国家电网公司	3839
4	中国石油天然气集团	3791
64	中国海洋石油总公司	1087
105	南方电网公司	820
108	国家能源投资集团	805
164	中国化工集团	658
157	中国电力建设集团	674
212	山东能源集团	519
265	陕西延长石油公司	446
273	陕西煤业化工集团	438
266	华能集团	445
295	兖矿集团	413
316	国家电力投资集团	394
353	中国能源建设集团	361
370	中国华电集团	338
406	冀中能源集团	307
463	大同煤矿集团	276
465	大唐集团	275
485	山西焦煤集团	202
486	河南能源化工集团	262
489	潞安集团	261
499	山西阳泉煤业集团	255
500	山西晋城无烟煤矿业集团	254

来源：美国《财富》2020 年 8 月 10 日发布。

二、一次能源供应

表 23　　世界化石燃料可采储量和储产比（2019 年）

煤炭/亿 t		石油/亿 t		天然气/万亿 m^3	
中国	2704(76)	委内瑞拉	480(>500)	俄罗斯	38.0(55.9)
美国	2495(390)	沙特阿拉伯	409(68.9)	伊朗	32.0(131.1)
俄罗斯	1622(369)	加拿大	273(82.3)	卡塔尔	24.7(138.6)
澳大利亚	1491(294)	伊朗	214(120.6)	土库曼斯坦	19.5(308.5)
印度	1059(140)	伊拉克	196(83.1)	美国	12.9(14.0)
德国	359(268)	俄罗斯	147(25.5)	委内瑞拉	6.3(238.0)
乌克兰	344(>500)	科威特	140(92.8)	中国	8.4(47.3)
波兰	269(240)	阿联酋	130(67.0)	沙特阿拉伯	6.0(52.7)
哈萨克斯坦	256(222)	利比亚	63(107.9)	阿联酋	5.9(95.0)
南非	99(39)	美国	83(11.1)	尼日利亚	5.4(109.4)
印度尼西亚	399(65)	尼日利亚	50(48.0)	阿尔及利亚	4.3(50.3)
世界	11582(142)	哈萨克斯坦	39(42.6)	伊拉克	3.5(328.7)
		中国	36(18.7)	澳大利亚	2.4(15.6)
		卡塔尔	26(36.7)		
		巴西	18(12.1)		
		阿尔及利亚	15(22.5)		
		安哥拉	11(15.8)		
		墨西哥	8(8.3)		
		OPEC	1718(93.6)		
		世界	2446(49.9)	世界	198.8(49.8)

注：1、可采储量是可从探明储量中开采出来的数量。

2、中国煤炭可采储量为中国自然资源部数据，BP 数据为 1416 亿 t。美国煤炭可采储量为 National Mining Association 数据。

3、括弧内为储产比。

来源： BP Statistical Review of World Energy, June 2020；美国《油气杂志》2019 年终号；中国自然资源部。

表 24　　　　　　　　　　世界十大油田

排名	油田	探明储量/亿吨
1	沙特阿拉伯加瓦尔油田	107.4
2	科威特大布尔干油田	99.1
3	中国大庆油田	56.7
4	委内瑞拉玻利瓦尔油田	52.0
5	沙特阿拉伯萨法尼亚海上油田	33.2
6	伊拉克鲁迈拉油田	26.0
7	伊拉克基尔库克油田	24.4
8	俄罗斯罗马什金油田	24.0
9	俄罗斯萨莫洛特尔油田	20.6
10	阿联酋扎库姆油田	15.9

表 25　　　　　　　　　　世界十大煤田

排名	煤田	探明储量/亿 t
1	中国陕西/内蒙古神府东胜煤田	2236
2	中国新疆准东煤田	2136
3	美国怀俄明/蒙大拿州波德河煤田	1224
4	美国阿巴拉契亚煤田，分布在东部 9 个州	937
5	中国山西沁水煤田	860
6	乌克兰顿巴斯煤田	732
7	波兰上西里西亚煤田	543
8	德国鲁尔煤田	390
9	中国山西宁武煤田	390
10	南非威特班克煤田	353

表 26　　　　　　　　　　中国煤炭、石油、天然气资源和储量

煤炭

预测资源量 38796 亿 t。2019 年末探明储量 1.77 万亿 t，剩余技术可采储量 2704 亿 t。

石油

原油：地质资源量 1257 亿 t，可采资源量 301 亿 t。2019 年剩余技术可采储量 36 亿 t。

油沙：地质资源量 60 亿 t，可采资源量 23 亿 t。

油页岩：技术可采资源量 2432 亿 t，可回收页岩油 120 亿 t。

天然气

常规天然气：地质资源量 90 万亿 m^3，可采资源量 50 万亿 m^3，2019 年累计探明地质储量 16.84 万亿 m^3，剩余技术可采储量 8.4 万亿 m^3。

煤层气：地质资源量 30 万亿 m^3,可采资源量 12.5 万亿 m^3。2018 年累计探明地质储量 6059 亿 m^3，剩余技术可采储量 3135 亿 m^3。

页岩气：地质资源量 122 万亿 m^3，可采资源量 22 万亿 m^3。2018 年，探明地质储量 10415 亿 m^3，技术可采储量 2253 亿 m^3。

来源：自然资源部。

解析：化石能源资源评估

中国化石能源资源缺油少气，资源分布极不均衡，开采条件差，生产成本高。

2019 年，我国人均石油可采储量只有 2.57t，天然气 4288m^3，分别为世界平均值的 7.8%和 16.8%。

煤炭储量 2/3 集中在华北和西北，石油可采储量 60%集中在西北和东北，天然气可采储量 65%集中在西北和西南，经济可开发水能资源 80%集中在西南和中南。能源供需逆向布局，形成大量的北煤南运，西气东输，西电东送基本格局，对运输基础设施建设、能源市场和区域经济发展有很大影响。由于煤炭质次价高，运距长，东南沿海地区国产煤价高于进口煤。2019 年 6 月，山西大同 5500kcal/kg 动力煤出矿价 360 元/t，经铁海联运到广州，市场价 630 元/t，比进口印尼煤高 25 元/t 。全国煤炭进口从 2000 年的 1.65 亿 t 增至 2019 年的 3.0 亿 t。2018 年，南方电网西电东送电量 2175 亿 kWh。2019 年，全国已建成特高输电线路 37813km。准东—皖南±1100kV 线路，长达 3324km，输送能力 660 亿 kWh，为世界之最，2018 年 10 月投运。

1、煤炭

我国煤炭资源 90%分布在经济欠发达、生态环境脆弱地区。2018 年，矿井平均开采深度已达 510m，有 47 个矿井超过 1000m，最深 1450m，露天矿产量占 16.3%。高瓦斯以及煤与瓦斯突出矿井 1831 处。煤矿生产效率低，成本高。开采条件优越的美国（矿井平均采深 90m，露天矿产量占 65.0%），中国煤矿职工人均原煤产量 1052t，仅为美国 10784t 的 12.5%；中国煤炭平均出矿价 66.1 美元/t，为美国 38.5 美元/t 的 1.7 倍。此外，中国煤炭质量差，2016 年发电用煤平均热值为 4788kcal/kg，美国 5556kcal/kg 。2019 年，我国煤炭可采储量（可从探明储量中开采出来的数量）达到 2704 亿 t，居世界首位。

2、石油

我国油田小而分散，开采条件差，生产成本高。中国油田单井平均日产量仅 2t，中东地区高达 685t 。近年油田开采条件更趋恶化，新增储量 80%是低渗透、超低渗透难采油藏。因此，我国石油开采成本很高，2018 年平均达 50 美元/桶，为中东地区的 10 倍。2019 年，我国石油可采储量 36 亿 t，人均 2.57t，仅为世界平均值的 8.0%。

3、天然气

我国天然气田大都是中小型，地质构造复杂，开采难度大，成本高。油气田生产大量天然气，2015 年 7 大油气田产气 951 亿 m^3，占全国天然气产量的 69%，生产成本跟原油一样也很高。2016 年，我国管道天然气市场价 2.04 元/m^3，为美国 0.59 元/m^3 的 3.5 倍。2019 年，我国天然气可采储量 8.4 万亿 m^3，人均 6000m^3，仅为世界平均值的 22.9%。

4、煤层气

煤层气是一种非常规天然气。我国储量丰富，2018 年探明储量 5993 亿 m^3，可采储量 3102 亿 m^3。

2018 年产量 199 亿 m^3，其中井下抽采 128 亿 m^3，地面抽采 51 亿 m^3，利用 93 亿 m^3。

5、页岩气

我国页岩气可采资源量世界最多，达 31 万亿 m^3 。四川涪陵页岩气田探明储量 6008 亿 m^3。我国页岩气田埋深大，目前最大开采深度已达 4000m，而且地质构造复杂。美国页岩气采深小于 2000m，地质构造简单，2018 年产量已达 6791 亿 m^3，占天然气产量的 81.6%。最近，我国页岩气开采关键技术取得突破，开采成本下降。2019 年产量 150 亿 m^3 。

表 27　　　　世界原油、天然气、煤炭产量

原油/Mt						天然气/亿 m^3					
	2015	2016	2017	2018	2019		2015	2016	2017	2018	2019
美国	567.0	542.4	573.9	671.6	746.7	美国	7403	7274	7462	8359	9209
沙特阿拉伯	567.9	586.6	561.7	576.8	556.6	俄罗斯	5844	5893	6356	6691	6790
俄罗斯	541.9	555.9	554.4	563.3	568.1	伊朗	1835	1993	2195	2383	2442
加拿大	223.6	226.7	245.8	268.3	274.9	加拿大	1609	1716	1756	1790	1731
伊朗	180.5	216.8	235.5	224.7	160.8	卡塔尔	1749	1736	1686	1765	1781
伊拉克	195.6	217.6	221.5	227.0	234.2	中国	1357	1379	1492	1615	1776
中国	214.6	199.7	191.5	189.1	191.0	澳大利亚	760	964	1128	1301	1535
阿联酋	175.0	181.6	176.3	176.7	180.2	挪威	1162	1158	1232	1213	1144
科威特	148.1	152.6	144.8	146.8	144.0	沙特阿拉伯	992	1053	1093	1121	1136
巴西	132.2	136.7	142.7	140.3	150.8	阿尔及利亚	814	914	930	928	862
墨西哥	127.5	121.4	109.5	102.3	94.9						
尼日利亚	105.7	91.3	95.5	98.4	101.4						
哈萨克斯坦	80.2	78.6	78.0	91.2	91.4						
世界	4362.9	4378.5	4393.5	4499.5	4484.5	世界	35006	35404	36725	38575	39893
OPEC	1749.0	1804.3	1794.2	1781.4	1680.0						

煤炭/Mt					
	2015	2016	2017	2018	2019
中国	3747	3411	3524	3683	3850
印度	683	712	716	760	756
美国	813	661	703	685	639
澳大利亚	512	500	559	505	506
印度尼西亚	455	464	461	557	610
俄罗斯	352	366	408	441	440
南非	255	255	254	253	254
德国	185	176	175	168	133
波兰	136	131	127	122	112
哈萨克斯坦	107	103	111	118	115
世界	7731	7324	7549	8090	8129

注：煤产量包括硬煤和褐煤。2017 年褐煤产量（Mt）中国 629，德国 171，俄罗斯 76，土耳其 74，美国 64，波兰 61，澳大利亚 57，印度 48，捷克 39，希腊 37，世界 1460。

来源：BP Statistical of World Energy；IEA Coal Information；美国《油气杂志》；中国国家统计局；DOE/EIA。

表 28 **中国分品种能源产量**

年份	原煤/Mt	原油/Mt	天然气/亿 m^3	发电量/TWh	其中水电
1990	1080	138.3	153.0	621.2	126.7
1991	1087	141.0	160.7	677.5	124.7
1992	1116	142.1	157.9	753.9	130.7
1993	1150	145.2	167.7	839.5	151.8
1994	1240	146.1	175.6	928.1	167.4
1995	1361	150.1	179.5	1007.0	190.6
1996	1397	157.3	201.1	1081.3	188.0
1997	1388	160.7	227.0	1135.6	196.0
1998	1332	161.0	232.8	1167.0	198.9
1999	1364	160.0	252.0	1239.3	196.6
2000	1384	163.0	272.0	1355.6	222.4
2001	1472	164.0	303.3	1480.8	277.4
2002	1550	167.0	326.6	1654.0	288.0
2003	1835	169.6	350.2	1910.6	283.7
2004	2123	175.87	414.6	2203.3	353.5
2005	2365	181.35	493.2	2500.3	397.0
2006	2570	184.77	585.5	2865.7	435.8
2007	2760	186.32	692.4	3281.6	485.3
2008	2903	190.43	803.0	3495.76	637.0
2009	3115	189.49	852.7	3714.65	615.6
2010	3428	202.41	957.9	4207.16	722.17
2011	3764	202.88	1053.4	4713.02	698.95
2012	3945	207.48	1106.1	4987.60	872.10
2013	3974	209.92	1208.6	5431.64	920.29
2014	3874	211.43	1301.6	5794.46	1072.88
2015	3747	214.36	1346.1	5810.58	1130.27
2016	3411	199.69	1368.7	6133.16	1184.05
2017	3524	191.51	1480.3	6604.45	1197.87
2018	3683	189.11	1602.7	7166.67	1234.23
2019	3850	191.01	1761.7	7503.43	1304.44

来源：国家统计局。

表 29　　　　　　　　　　中国和世界最大能源及耗能产品生产企业

1，煤炭。世界最大，印度煤炭公司，2019 年产量 581Mt。中国最大，国家能源集团，2019 年产量 510Mt。
2，石油。世界最大，沙特阿拉伯国家石油公司，2019 年原油产量 556.6 Mt。中国，长庆油田公司，2019 年产量 57Mt。
3，炼油。世界最大，中国石油化工集团，2019 年加工能力 297Mt。世界第二，美国埃克森美孚公司，249 Mt。
4，天然气。世界最大，俄罗斯天然气工业公司，2019 年产量 4951 亿 m^3。中国最大，长庆油田公司，412 亿 m^3。
5，电力。世界最大，中国国家能源集团，2019 年装机容量 246.4GW， 发电量 9690 亿 kWh。
6，水电。世界最大，中国长江电力公司，2019 年装机容量 5064 万 kW, 发电量 2105 亿 kWh, 其中三峡 969 亿 kWh，葛洲坝 191 亿 kWh, 溪洛渡 608 亿 kWh，向家坝 337 亿 kWh。
7，核电。世界最大，中国广核集团，2019 年装机容量 2714 万 kW，在建 578 万 kW。
8，风电。 世界最大，中国酒泉风力发电公司，2019 年装机容量 915 万 kW。国外最大，美国加利福尼亚州 Alta 风电公司，2019 年装机容量 102 万 kW，即将达到 155 万 kW。
9，风力机制造。世界最大，丹麦维斯塔斯，2019 年装机容量 12.8GW。世界第二，新疆金风科技公司，装机容量 8.1 GW。
10，光伏发电。世界最大，中国腾格里沙漠光伏电站，2018 年装机容量 154.7 万 kW。世界第二印度 Kunroo，装机容量 100 万 kW，2017 年 4 月 28 日投产。
11，光伏组件制造。世界最大，中国特变电工公司，2018 年累计安装 185.9 万 kW。世界第二，美国 First Solar 公司，2018 年累计安装 170.0 万 kW。
12，钢。世界最大，卢森堡安赛乐米塔尔公司，2019 年产量 95.22 Mt。 世界第二，中国宝武钢铁集团，2019 年产量 89.81Mt。
13，铁矿石。世界最大，巴西淡水河谷公司，2019 年产量 302Mt。中国最大，鞍山钢铁集团，2019 年产量 103Mt。
14，电解铝。世界最大，中国宏桥（山东）集团，2019 年产量 506 万 t。国外最大，俄罗斯铝业联合公司，2019 年产量 376 万 t。
15，铜。世界最大，智利国家铜业公司，2019 年产量 174.4 万 t。中国最大，江西铜业公司，2019 年生产电解铜 145 万 t。
16，水泥。世界最大，中国建材集团，2019 年产能 5.21 亿 t。国外最大，法国拉法基豪瑞集团，2019 年产能 3.05 亿吨。
17，乙烯。世界最大，美国陶氏杜邦公司，2019 年产能 1522 万 t。中国最大，中国石油化工集团，2019 年产量 1163 万 t。
18，造纸。世界最大，美国国际纸业公司，2017 年产量量 60Mt。中国最大，玖龙纸业公司，2019 年产量 15.02Mt。
19，民用载客飞机。世界最大，空客，2019 年交付 863 架。世界第二，波音，交付 375 架，2018 年 800 架。
20，无人驾驶飞机。世界最大，中国大疆创新，2018 年销量 232 万架，占全球的 74%。
21，汽车。世界最大，大众集团，2019 年全球销量 1097 万辆。中国最大，上汽集团，2019 年销量 624 万辆。
22，电动汽车。世界最大，美国特斯拉公司，2019 年销量 30 万辆。中国最大，比亚迪公司，2019 年销量 21.94 万辆。
23，车载锂电池。世界最大，中国宁德时代公司，2019 年，销量 42.25GWh。
24，造船。世界最大，中国船舶工业集团， 2018 年手持订单 748 万修正载重吨。世界第二，韩国现代重工集团，2018 年手持订单 738 万修正载重吨。
25，房间空调器。世界最大，中国格力集团，2019 年内销量 5548 万台。
26，电冰箱。世界最大，中国海尔集团，2019 年内销 4338 万台，出口 3416 万台。世界第二，韩国 LG，1132 万台。
27，洗衣机。世界最大，中国海尔集团，2018 年销量 2455 万台。
28，彩色电视机。世界最大，韩国三星集团，2018 年销量 3995 万台。中国最大，TCL 集团，2019 年出货量 3200 万台。

29，微波炉。世界最大，中国美的集团，2018 年国内外销量 3500 万台，占全球市场的 46%。
30，LED 灯。世界最大，中国阳光照明公司，2018 年销量 4.31 亿只，2019 年 3.95 亿只。
31，个人计算机。世界最大，中国联想集团，2018 年销量 5846.7 万台。第二，美国惠普公司，2018 年销量 5633.2 万台。
32，手机。世界最大，韩国三星集团，2019 年出货量 2.965 亿部。第二，中国华为公司 2.385 亿部。第三，美国苹果公司 1.962 亿部。

表 30　　世界十大石油和天然气公司（2019 年）

原油产量/Mt		天然气产量/亿 m^3	
1、沙特阿美	581.45	1、俄罗斯天然气公司	5011
2、伊朗国家石油公司	235.75	2、伊朗国家石油公司	2398
3、伊拉克国家石油公司	220.50	3、中国石油天然气集团	1380
4、俄罗斯石油公司	185.50	4、卡塔尔石油总公司	1143
5、中国石油天然气公司	177.10	5、皇家荷兰壳牌集团	1117
6、科威特国家石油公司	153.35	6、沙特阿美	1018
7、埃克森美孚	133.33	7、埃克森美孚	972
8、英国石油公司	109.55	8、英国石油公司	895
9、巴西国家石油公司	104.95	9、阿尔及利亚国家石油公司	842
10、墨西哥国家石油公司	101.80	10、马来西亚国家石油公司	712

注：按石油和天然气储量、产量、炼油能力和油品销售量 6 项指标综合测算。
来源：美国《石油情报周刊》，2019-11-22。

表 31　　中国十大油田原油产量

	2018	2019
1、中石油长庆油田	5641	5700
2、中石油大庆油田	4167	4363
3、中海油渤海油田	3000	3000
4、中石油塔里木油田	2673	2850
5、中石化胜利油田	2383	2400
6、中石油西南油气田	1812	2139
7、中石油新疆油田	1379	1480
8、延长石油集团	1310	1120
9、中海油南海油田	1305	1000
10、中石油辽河油田	1040	1000

来源：中国石油企业协会。

表 32　　　　　　　　世界原油加工能力（2019 年）　　　　　　单位：千桶/日

	2017	2018	2019
美国	18567	18762	18974
中国	15231	15655	16199
俄罗斯	6596	6596	6721
印度	4699	4972	5008
韩国	3298	3346	3393
日本	3343	3343	3343
沙特阿拉伯	2826	2835	2835
巴西	2285	2285	2290
伊朗	2130	2240	2405
德国	2069	2085	2085
加拿大	1970	2025	2054
墨西哥	1546	1558	1558
西班牙	1562	1564	1586
新加坡	1514	1514	1514
委内瑞拉	1303	1303	1303
荷兰	1299	1299	1309
法国	1245	1245	1245
英国	1227	1227	1227
世界总计	98416	99814	101340

来源：BP Statistical Review of World Energy, June 2020。

表 33　　　　　　　　世界十大炼油厂（2018 年）

厂名	原油加工能力/万 t/年
1、印度信诚石油公司贾姆纳格尔炼油厂	6200
2、委内瑞拉帕拉瓜纳炼制中心	4830
3、韩国 SK 公司蔚山炼油厂	4200
4、阿联酋阿布扎比炼油公司鲁维斯厂	4150
5、GS-加德士公司韩国丽水炼油厂	3925
6、沙特阿拉伯吉赞炼油厂	3720
7、伊朗 PGS 炼油厂	3350
8、S-Oil 公司韩国昂山炼油厂	3345
9、伊朗阿巴丹炼油中心	3000
10、美国埃克森美孚公司新加坡裕廊岛炼油厂	2960

来源：美国《石油情报周刊》。

表 34　　　　　　　　中国原油加工量及主要产品产量　　　　　　　　单位：Mt

	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019
原油加工量	210.8	426.8	522.0	541.0	567.77	603.57	651.98
主要产品产量							
汽、煤、柴油合计	120.83	252.09	335.17	347.8	328.62	324.34	360.17
汽油	41.32	76.76	119.99	129.0	121.03	138.88	141.21
煤油	8.78	17.08	35.19	39.8	30.01	47.70	52.58
柴油	70.73	158.25	179.99	179.0	177.58	173.76	166.38
燃料油	20.54	25.37	23.84	25.87	26.93	20.24	24.70

来源：国家统计局；中国石油和化学工业联合会。

表 35　　　　　　　　世界十大煤炭公司　　　　　　　　单位：Mt

	2016	2017	2018
1、印度煤炭公司	540	560	567
2、中国国家能源集团	506	510	512
3、美国博地能源	187	192	220
4、中国中煤能源	146	164	190
5、中国兖矿	114	135	161
6、中国陕西煤业化工	129	144	160
7、中国山东能源	130	141	145
8、中国大同煤矿	118	127	137
9、俄罗斯西伯利亚公司	106	108	110
10、瑞士嘉能公司	105	106	106

来源：中国煤炭经济研究会。

表 36　　中国前 10 名产煤省份原煤产量　　单位：Mt

	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1、内蒙古	786.7	1061.9	1031	908	901	838	878	926	1035
2、山西	741.0	913.9	963	977	953	816	861	893	971
3、陕西	356.4	427.5	493	515	502	512	545	623	634
4、新疆	103.1	139.2	147	143	156	158	179	190	238
5、贵州	159.6	181.1	191	185	170	167	166	139	130
6、山东	148.9	145.0	140	148	145	128	129	122	119
7、安徽	131.5	147.1	140	130	135	122	117	115	110
8、河南	212.8	147.2	153	135	128	119	115	114	109
9、宁夏	67.1	82.3	87	86	79	67	76	74	72
10、黑龙江	97.1	91.3	80	69	67	59	56	58	52

来源：中国煤炭工业协会。

表 37　　中国十大煤炭公司　　单位：Mt

	2015	2016	2017	2018	2019
1、国家能源集团	495.9	506.0	510.0	508.0	510
2、中煤能源	159.4	146.0	163.7	192.2	210
3、陕西煤业化工	127.0	106.3	137.1	160.2	176
4、兖矿	108.0	114.0	130.0	161.5	166
5、大同煤矿	173.5	117.9	126.2	137.2	149
6、山东能源	133.0	120.2	141.3	145.4	125
7、山西焦煤	105.3	91.2	96.1	100.1	104
8、冀中能源	101.0	81.4	79.3	81.0	88
9、晋能	70.4	71.4	80.2	84.5	82
10、阳泉煤业	76.2	79.0	81.9	82.0	75

来源：中国煤炭工业协会

表 38　　　　　　　　　　　　中国煤炭工业主要指标

	1990	2000	2005	2010	2014	2015	2016	2017	2018	2019
原煤产量/Mt	1080	1384	2365	3428	3874	3747	3411	3524	3683	3850
商品煤产量/Mt	1047	1115	2229	3214	3438	3303	2942	3075	3207	3343
露天开采产量比重/%	3.0	4.5	5.0	10.0	14.8	16.0	17.8	17.9	16.3	17.0
原煤洗选比重/%	17.1	24.3	31.9	50.9	62.5	65.9	68.9	70.2	71.8	73.2
煤矿数/万个	7.01	3.32	2.48	1.50	1.10	0.96	0.79	0.68	0.58	0.53
煤炭消费量/Mt	1376.8	1410.5	2433.8	3490.1	4121.2	3969	3782	3797	3835	3939
其中：发电	438.0	566.8	1050.2	1497.3	1880.5	1816.6	1803.9	1864.0	1884.5	1881.0
出口量/Mt	17.29	58.84	71.68	19.03	5.74	5.33	8.78	8.17	4.93	6.03
进口量/Mt	2.00	2.02	26.17	164.78	291.22	204.06	255.51	270.90	281.23	299.70
煤炭平均出矿价/元/t	61.67	139.69	291.06	441.0	401.2	342.2	336.4	431.3	446.6	450.2
事故死亡人数/人	7301	5816	5938	2433	931	598	538	375	333	316
事故死亡率/人/Mt	6.76	4.20	2.51	0.71	0.24	0.16	0.16	0.107	0.090	0.084

注：2019 年煤炭实际消费量为 4350Mt，包括规模以下小矿产销量 100Mt，违法违规超产和无票据销量 300Mt。

来源：国家统计局；中国煤炭工业协会；中国煤炭加工利用协会；中国电力企业联合会。

解析：

商品煤计算方法。2019 年原煤产量 3850Mt × 原煤洗选率 73.2% = 2818Mt × 矸石脱除率 18% = 507Mt 。原煤产量 3850Mt —脱除矸石量 507Mt = 商品煤产量 3343Mt

表 39　　　　　　　　　　中国能源工业固定资产投资　　　　　　　　单位：亿元

	2000	2010	2016	2017	2018	2019
全国总计	26221.8	243797.8	596500.8	631684.0	635636.0	669960.3
能源工业合计	2839.6	20899.3	32937.4	32259.1	30097.2	32359.6
煤炭开采洗选业	198.9	3888.1	3037.7	2648.4	2804.7	3634.9
石油天然气开采业	335.6	2716.8	2331.0	2648.9	2630.4	3306.4
石油加工、炼焦及核燃料加工业	94.8	2029.6	2696.2	2676.8	2947.2	3312.7
电力、热力生产与供应业	2130.3	11356.4	22637.7	22055.2	19342.4	19303.7
燃气生产与供应业	60.0	908.4	2134.8	2229.8	2372.5	2801.9

注：2000 年为国有经济固定资产投资；2010～2019 年为城镇固定资产投资。

来源：国家统计局。

三、电力

表 40 **世界发电量** **单位：亿 kWh**

国别	2015	2016	2017	2018	2019
中国	58146	61322	66045	71661	75034
美国	43487	43479	43025	44574	44013
印度	13173	14017	14738	15514	15587
俄罗斯	10675	10910	10912	11092	11181
日本	10301	10303	10426	10562	10363
加拿大	6637	6639	6645	6523	6604
德国	6481	6507	6537	6435	6124
巴西	5812	5789	5893	6014	6256
法国	5703	5562	5541	5742	5554
世界	242663	249229	256430	266527	270047

来源：BP Statistical Review of World Energy，June 2020。

表 41 **部分国家电源结构（2019 年）** **单位：亿 kWh**

	石油	天然气	煤炭	核电	水电	可再生能源	其他	总计
中国	60	2365	48537	3487	12697	7323	565	75034
美国	200	17009	10535	8520	2712	4898	140	44013
印度	82	710	11374	452	1618	1349	2	15587
俄罗斯	69	5195	1822	2090	1944	18	43	11181
日本	447	3624	3262	656	739	1212	423	10363
加拿大	41	693	546	1005	3820	493	7	6004
德国	51	910	1712	751	202	2241	257	6124
韩国	74	1508	2387	1460	28	292	97	5847
巴西	79	589	257	162	3993	1177	—	6256
沙特阿拉伯	1496	2060	—	—	—	18	—	3574
英国	10	1325	69	562	60	1134	78	3237
意大利	102	1265	297	—	451	676	47	2838
西班牙	134	860	131	584	252	775	21	2758
南非	12	19	2173	142	8	126	46	2526
世界	8253	62979	98241	27960	42222	28055	2336	270047

来源： BP Statistical Review of World Energy， June，2020。

表 42　　世界十大火电站 （2018 年）　　单位：万 kW

电站	燃料	装机容量/万 kW
1、中国内蒙古托克托	煤	672；8×60+2×66
2、中国台湾台中	煤	578；10 ×55+4×7 气轮机+2×2 风电
3、沙特阿拉伯舒艾拜	油	560；8×70
4、韩国保宁	煤	535；8×50+135
5、波兰贝尔恰托夫	褐煤	504；14×36
6、中国浙江嘉兴	煤	503；2×30+4×60+2×100 超超临界机组
7、中国广东台山	煤	500； 5×60+2×100 超超临界机组
8、中国浙江北仑	煤	500；5×60+2×100 超超临界机组
9、日本东新泻	LNG，油	486；134+120+200
10、俄罗斯苏古尔特	天然气	480；6×80

表 43　　世界十大水电站（2018 年）

站名	河流	装机容量/万 kW	建设时间
1、中国三峡	湖北，长江	2240；32×70	1994 年开建，2012 年 7 月 4 日建成
2、巴西/巴拉圭伊泰普	巴拉那河	1400；20×70	一期，1963-1977 年 二期，1978-1986 年
3、中国溪洛渡	四川/云南，金沙江	1386；左右岸各 9×77	2005 年开工，2014 年建成
4、委内瑞拉古里	卡罗尼河	1030；3×21.8，3×27，3×37，34，3×73	1963 开建，1986 建成
5、巴西图库鲁伊	亚马逊地区托坎廷斯河	837；24×33，厂用 2×2	1975 年开建，1984 年发电，2007 年建成
6、中国向家坝	四川/云南，金沙江	775；8×80，3×45	2006 年开建，2014 年建成
7、美国大古力	华盛顿州哥伦比亚河	650；3×60，8×12.5，3×80.5，厂用 3	1934 年始建，1967 年扩建，1980 年建成
8、中国龙滩	广西，澜沧江	630；9 ×70	2001 年开建，2009 年建成
9、中国糯扎渡	云南，澜沧江	585；9×65	2002 年开建，2014 年建成

表 44　　世界核电装机容量和发电量（2019 年）

	装机容量/GW	发电量/TWh
美国	98.67	809.4
法国	63.13	379.5
中国	44.69	348.4
日本	39.21	65.6
俄罗斯	29.14	208.8
韩国	23.23	138.6
加拿大	13.60	95.5
乌克兰	13.10	83.0
德国	9.44	71.0
英国	8.88	51.0
瑞典	8.80	55.9
西班牙	7.10	55.9
世界	392.10	2586.2

注：1、中国 2020 年在建 14 台机组，15.53GW。
　　2、日本核电站遭 2011 年 3 月 12 日 9 级特大地震损坏的机组，到 2019 年有 10 台重启，5 台报废。
来源：国际原子能机构（IAEA）；世界核学会（WNA）；日本核能产业协会。

表 45　　中国发电装机容量和发电量

	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019
年末发电设备容量/GW	137.89	319.32	966.41	1508.28	1645.75	1777.03	1899.67	2010.66
其中：水电	36.05	79.35	216.06	319.37	332.11	341.19	352.26	356.40
火电	101.84	237.54	709.67	990.21	1053.88	1106.04	1143.67	1190.55
核电	—	2.10	10.82	26.08	33.64	35.82	44.66	48.74
风电		0.35	44.7	145.4	168.7	188.3	209.4	210.1
发电量/TWh	621.32	1386.5	4207.2	5814.57	6133.16	6495.14	7111.77	7503.43
其中：水电	126.35	243.1	722.2	1130.27	1184.05	1189.84	1232.90	1304.44
火电	494.97	1107.9	3331.9	4284.19	4437.07	4662.74	4923.10	5220.15
核电	—	16.7	73.9	170.79	213.29	248.07	294.40	348.35
风电			72.2	251.2	294.4	305.7	366.0	405.3

注：2019 煤电占总发电量的 62.2%。
来源：国家统计局；中国电力企业联合会。

表 46 **中国五大发电集团（2019 年）**

	国家能源集团	华能集团	大唐集团	华电集团	国家电力投资集团
装机容量/万 kW	24644	18200	14400	15300	15100
清洁能源占比/%	50.5	34.0	35.6	40.4	48.9
发电量/亿 kWh	9690	7136	5454	5786	5538
供电煤耗/gce/kWh	304.8	298.7	301.8	289.3	299.8

注：国家能源集团 2017 年 11 月 28 日由中国国电集团与神华集团合并重组成立。
清洁能源为水电、风电和光伏发电
来源：中国电力企业联合会。

表 47 **中国电力工业主要指标**

	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019
供电煤耗/gce/kWh	392	370	333	315	312	309	308	306
发电煤耗/gce/kWh	363	343	312	297	294	292	290	289
火电厂用电率/%	7.31	6.80	6.33	6.04	6.01	6.04	5.95	6.03
线路损失率/%	7.70	7.21	6.53	6.64	6.49	6.48	6.27	5.93
发电设备利用小时	4517	5425	4650	3988	3779	3786	3879	3825
其中： 水电	3258	3664	3404	3590	3619	3579	3607	3726
火电	4848	5865	5031	4364	4186	4209	4378	4293

来源：同上表。

四、新能源和可再生能源

表 48　　　　中国可再生能源资源

水能		装机容量/GW	年发电量/TWh	
	理论蕴藏量	694.40	6082.9	
	技术可开发资源量	541.64	2474.0	
	经济可开发资源量	401.80	1753.4	
	小水电（＜50MW）可开发资源量	128.03	535.0	
生物质能		可获得量	能源可利用量	
	农作物秸秆	546Mt	138Mt	69Mtce
	林木剩余物	125Mt	125Mt	63Mtce
	禽畜粪便	239Mt	239Mt	107Mtce
	工业有机垃圾	500 亿 m^3 沼气	500 亿 m^3 沼气	39Mtce
	城市有机垃圾	150Mt	150Mt	2Mtce
太阳能		资源量	可利用量	
		17000 亿 tce	2200GW/a	
风能	陆地	潜在开发量/GW	技术可开发量/GW	
	离地面高度/m			
	50	2560	2050	
	70	3050	2570	
	100	3920	3370	
	近海	风功率密度>400W/m^2	>300W/m^2	
	离岸 50km 以内	230	380	
	20km 以内	70	140	
	水深 5~25m	90	190	
地热能	中低温地热资源量	2210Mtce		
	可采地热资源量	282Mtce		
	地热流体可采量	372Mm^3/a		
	全国 31 个省会城市浅层地温能开发利用量	467Mtce		
海洋能	近海蕴藏量/GW	1495		
	其中			
	潮汐能	22		
	波浪能	13		
	潮流能	14		
	盐差能	125		
	温差能	1321		

来源：国家能源局，国家可再生能源中心， 2016 可再生能源数据手册。

表 49　　　　　　　　　　中国可再生能源开发利用量

	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019
水电/GW	79.4	117.4	213.4	319.4	332.1	341.2	352.0	356.4
TWh	243.1	397.0	722.2	1126.4	1193.4	1194.5	1232.9	1304.4
Mtce	88.2	136.2	225.3	335.6	352.1	348.8	357.5	377.0
其中：小水电/GW	24.8	38.5	59.0	75.0	77.9	79.3	80.4	81.4
TWh	80.0	120.9	202.3	240.0	268.2	247.7	234.6	253.3
Mtce	29.0	41.5	63.1	71..5	79.1	72.3	68.0	73.2
太阳能/ Mtce	3.1	9.6	22.6	64.6	75.1	85.5	109.3	121.4
光伏发电/ 万 kW	1.8	7.0	122.0	4318.0	7742.0	13025.0	17445.0	20430.0
亿 kWh	0.19	0.74	12.9	392.0	662.0	967.0	1775.0	2243.0
Mtce	0.01	0.03	0.40	11.64	19.53	28.2	51.5	64.8
热水器/万 m^2	2600	8000	18500	44200	46400	47780	48200	47240
Mtce	3.1	9.6	22.2	53.0	55.6	57.3	57.8	56.6
风力发电/GW	0.34	1.22	44.78	145.4	150.0	163.7	184.3	210.1
TWh	0.5	2.0	72.2	251.2	259.0	297.0	334.3	357.7
/Mtce	0.2	0.7	22.5	74.6	74.9	85.8	96.6	103.4
农村沼气/亿 m^3	23	86	145	168	174	184	188	198
Mtce	1.6	6.1	10.4	12.0	12.1	13.1	13.4	14.1
生物质和垃圾发电/GW	0.8	2.0	6.7	16.0	12.3	14.8	17.8	23.7
TWh	3.5	8.7	29.0	68.9	66.1	79.5	90.6	111.1
Mtce	1.3	3.0	9.0	20.4	19.3	23.2	26.4	32.1
地热利用/Mtce	0.7	1.2	6.7	24.1	31.1	37.0	44.2	63.8
总计/Mtce	86.3	197.8	284.3	491.1	568.6	593.5	625.9	711.8

注：1、小水电是装机容量小于 50MW 的水电站。
2、光伏发电利用小时 2018 年为 1113，风电 2013。
3、太阳能热水器提供的能源为 120kgce/m^2/a。
4、地热利用为地源热泵和地热采暖，每个采暖季提供的能源分别为 25kgce/m^2 和 28kgce/m^2。
5、可再生能源发电按当年火电煤耗折算标准煤，2000、2005、2010、2015、2016、2017、2018 年和 2019 年发电煤耗（gce/kWh）分别为 363、343、312、297、294、292、290 和 289。
来源：国家统计局；2019 中国能源统计年鉴；国家发展改革委；国家能源局；水利部；农业部；住房和城乡建设部；自然资源部；中国电力企业联合会；中国太阳能学会；中国农村能源行业协会；中国资源综合利用协会；全球风能理事会；中国风能协会；国家地热能中心；清华大学建筑节能研究中心。

解析。可再生能源政策评估

政府主导的可再生能源开发利用政策，是我国能源政策失误的典型案例。

由于目标过高，政策不当，管理不善，可再生能源开发利用乱象丛生，投资失控，盲目扩张，浪费惊人，损失巨大，损害生态环境。可再生能源“大跃进”，某种程度上重演 1958～1960 年“大跃进”、“高指标，瞎指挥，弄虚作假”三部曲。

2018 年，全国水电、风电、光伏发电装机容量分别为 352.0GW、221.0GW 和 174.4GW，分别为 2005 年的 3 倍、181 倍和 2492 倍。“十一五”风电规划装机容量 1000 万 kW，只完成 29.6%。西南水电装机容量达 153.1GW，为 2005 年的 4.7 倍。

1、弃水、弃风、弃光令人震惊

2018 年，全国弃水、弃风、弃光达 1023 亿 kWh， 相当于北京用电量。其中弃水 691 亿 kWh， 弃风 277 亿 kWh， 弃光 55 亿 kWh 。弃水、弃风、弃光的经济损失达 420 亿元，浪费投资 482 亿元。

弃水、弃风、弃光的主要原因是电力市场化改革滞后，电网建设不配套，电力系统调节能力不足，消纳不畅。一些地方政府偏爱煤电，为可再生能源发电设限。

2、居民烧柴烧煤严重损害健康

2017 年，全国居民生活用能消耗生物质能 0.8 亿 tce，其中薪柴占 60%，秸秆占 40%；煤炭 2.3 亿 tce 。燃用固体燃料产生的室内污染，导致呼吸系统疾病死亡 100 万人。（2018 中国统计年鉴 729～730 页）

对这样一件关系国计民生的大事，至今仍遭忽视。

传统烧柴（薪柴和秸秆）炉灶热效率只有 18%，新型节柴炉灶平均 35%，仍是很低的，应予淘汰。其实，替代烧柴有多种选择，包括沼气、生物质成型燃料、生物质气化、小水电、洁净型煤、液化石油气等。近年已实施不少这类项目，但推广受阻。只要财政补贴等到位，可很快见效。

3、光伏电池生产发生严重中毒事件

制造光伏电池的多晶硅（制造单晶硅的原料）高耗能、高污染。生产 1kg 多晶硅排放 4kg 有毒物质。宁夏石嘴山多晶硅厂，排放四氯化硅和氯化氢，导致周围寸草不生。

河北宁晋县，是全球最大单晶硅光伏电池产地。2016 年产量达 3GW。2017 年 4 月 29 日，一家生产单晶硅的化工厂毒气外泄，引发大规模群体事件，近万名百姓抗议抵制。2017 年 5 月 8 日，该县东汪村村民不满单晶硅厂排放毒气和污水，连续 10 天在厂门口驻守抗议。主要原因是缺乏监管。国内大型多晶硅生产企业已实现低排放，如江苏中能。

4、西南水电“大跃进”严重破坏生态

我国西南地区（川、渝、云、贵、藏）水电开发是世界水电史上罕见的高密度、超大规模、集群式开发。水电装机容量 2005 年为 500 万 kW，2016 年剧增至 15313 万 kW，占全国的 51%。星罗棋布，成千上万座水电站，给当地生态造成严重破坏，不亚于 1960 年代对森林的毁灭性砍伐。很多江河支流被水电站截断，成为干涸的河床。水电站淹没国家自然保护区。地质灾害频发。2012 年 8 月 30 日，四川凉山锦屏水电站施工区内，发生特大地质灾害，100 多处滑坡和泥石流，导致 10 人死亡。西南水电“大跃进”还带来干旱、长江鱼类灭绝等隐患。

5、骗补横行

2003～2013 年实施的“金太阳”工程，中央财政拨付 430 亿补贴资金。实行饱为诟病的事前补贴，补贴率高达项目投资的 50%，助推骗补横行。一些项目以次充好，甚至采用报废产品，损失惨重。财政部要求追回 100 亿元骗补资金。

生产生物质成型燃料，每吨补贴 140 元。2012 年产量 550 万 t。2013 年因骗补横行而取消。

表 50 **中国用于建筑的可再生能源**

	2015		2017		2018		2019	
	实物量	标准煤量/Mtce	实物量	标准煤量/Mtce	实物量	标准煤量/Mtce	实物量	标准煤量/Mtce
太阳能热水器	44200 万 m^2	53.0	47780 万 m^2	57.3	48200 万 m^2	57.8	47240 万 m^2	56.6
光伏发电	687GWh	0.2	3363GWh	0.9	5643GWh	1.5	7550 GWh	2.2
地源热泵	41000 万 m^2	10.3	61800 万 m^2	15.5	79300 万 m^2	19.9	87200 万 m^2	21.9
地热采暖	49400 万 m^2	13.8	7700 万 m^2	21.5	8700 万 m^2	24.3	15000 万 m^2	41.9
农村沼气	168 亿 m^3	12.0	184 亿 m^3	13.1	188 亿 m^3	13.4	198 亿 m^3	14.1
总计		89.3		108.3		116.9		136.7

注：1、太阳能热水器、地热采暖和地源热泵提供的能源分别为 120kgce/m^2/a、28kgce/m^2/采暖季和 25kgce/m^2/采暖季。

2、发电量按当年火力发电煤耗折算标准煤。

来源：国家统计局；国家发展改革委；国家能源局；农业部科技教育司；农业部规划设计研究院；清华大学建筑节能研究中心；广东省科学院；住房和城乡建设部；中国农村能源行业协会太阳能热利用专业委员会；中国农村能源行业协会节能炉具专业委员会；中国太阳能协会；自然资源部；国家地热能中心；中国能源研究会地热专业委员会。

表 51 **世界可再生能源开发利用量**

	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2019 世界之最
一次能源消费量/Mtoe	9241	12119	13060	13259	13511	13865	13946	中国 3384
水电装机容量/GW	720	935	1064	1246	1267	1292	1310	中国 341.0
风电装机容量/GW	17	198	433	487	539	592	651	中国 210.1
光伏发电装机容量/GW	14	40	227	303	404	463	579	中国 205.1
生物质发电装机容量/GW		63	106	112	114	116	124	美国 76.2
地热发电装机容量/GW	8.6	11.1	13.2	13.5	14.1	14.4	15.4	美国 3.68
生物燃料产量/1000toe	9176	63906	80325	83207	86919	95371	98308	美国 37020

注：生物质燃料包括生物乙醇和生物柴油。

来源： 21 世纪可再生能源政策网（REN21），2020 全球可再生能源状况报告。BP Statistical Review of World Energy, 2020。国际水电协会。全球风能理事会。国际地热协会。IEA PVPS。

表 52　　　　　　　　　　世界水电装机容量　　　　　　　　　　单位：GW

	2016	2017	2018	2019
中国	332	341	352	341
巴西	98	100	104	100
美国	102	103	103	103
加拿大	79	81	81	81
日本	52	50	50	50
印度	50	49	50	49
俄罗斯	48	48	49	48
挪威	32	32	32	32
土耳其	26	27	28	27
法国	25	26	26	26
意大利	22	22	23	22
西班牙	20	20	20	20
瑞士	17	17	17	17
越南	16	17	17	17
瑞典	16	16	16	16
委内瑞拉	15	15	15	16
世界	1246	1267	1292	1267

来源：国际水电协会。

表 53　　　　　　　　　　世界风力发电装机容量　　　　　　　　　　单位：GW

	2017	2018	2019
中国	188.4	184.3	210.1
美国	89.1	96.4	105.6
德国	56.1	59.3	60.1
印度	32.9	35.0	37.7
西班牙	23.2	23.2	26.0
英国	18.9	20.7	23.5
法国	13.7	15.3	17.0
巴西	12.8	14.5	16.0
加拿大	12.2	12.8	13.4
世界	539.1	590.4	651.0

来源：全球风能理事会。

表 54　　世界光伏发电装机容量　　单位：GW

	2016	2017	2018	2019
中国	78.04	130.25	176.1	205.07
日本	42.75	49.00	56.0	61.84
美国	40.30	77.00	62.2	60.54
德国	41.22	42.39	45.4	49.02
印度	9.01	19.05	32.9	34.81
意大利	19.28	19.70	20.1	20.90
英国	11.63	12.76	13.0	13.62
澳大利亚	5.90	7.20	11.3	13.25
法国	7.13	8.00	9.0	10.56
韩国	5.50	5.90	7.9	10.51
世界	305.0	403.5	510.0	578.53

来源：IEA; BP Statistical Review of World Energy, June 2019；国际可再生能源协会。 .

表 55　　世界地热发电装机容量　　单位：MW

	2016	2017	2018	2019
美国	3596	3591	3591	3676
印度尼西亚	1401	1809	1948	2133
菲律宾	1917	1868	1868	1918
土耳其	775	1100	1200	1526
新西兰	971	980	1005	1005
墨西哥	907	951	951	963
意大利	916	944	944	944
冰岛	665	710	755	755
肯尼亚	629	676	676	861
日本	541	542	543	601
世界	13438	14060	14369	15406

来源：国际地热协会；REN 21 世纪可再生能源政策网。

表 56 **世界生物燃料产量** **单位：千桶油当量/日**

	2010	2017	2018	2019
美国	526	696	717	697
巴西	316	342	413	444
德国	59	62	64	64
阿根廷	32	58	51	46
印度尼西亚	4	50	91	123
法国	43	52	58	51
中国	30	49	42	50
泰国	16	37	40	43
荷兰	7	37	36	35
西班牙	19	29	34	30
加拿大	16	25	25	29
欧盟	204	285	299	291
世界	1183	1631	1787	1842

注：生物燃料包括燃料乙醇和生物柴油。
来源：BP Statistical Review of World Energy, June 2020。

五、能源消费

表 57　　　　　　　世界一次能源消费量及结构（2019 年）

	一次能源消费量 Mtoe	消费结构/%					
		石油	天然气	煤	核电	水电	可再生能源
中国	3384.3	19.7	7.8	57.6	2.2	8.0	4.7
美国	2260.1	39.1	32.2	12.0	8.0	2.6	6.2
印度	813.5	30.1	6.3	54.7	1.2	4.2	3.5
俄罗斯	712.0	22.0	53.7	12.2	6.2	5.8	0.1
日本	445.9	40.3	20.8	26.3	3.2	3.2	5.9
加拿大	339.4	31.7	30.5	3.9	6.3	24.0	3.7
德国	313.8	35.6	24.3	17.5	5.1	1.4	16.1
韩国	295.2	42.9	16.3	27.8	10.5	0.2	2.3
巴西	296.2	38.1	10.4	5.3	1.1	28.7	16.3
伊朗	294.7	31.8	65.2	0.4	0.5	2.1	—
沙特阿拉伯	263.7	62.7	37.0	—	—	—	—
法国	231.2	32.5	16.1	2.8	36.8	5.4	6.3
英国	187.2	39.7	36.2	3.3	6.4	0.6	13.8
墨西哥	184.4	42.6	42.2	6.6	1.3	2.3	4.5
印度尼西亚	212.8	37.9	17.7	38.3	—	1.7	4.4
意大利	152.1	39.1	40.0	4.7	—	6.3	10.0
澳大利亚	153.1	33.4	30.1	27.8	—	2.0	6.6
西班牙	136.6	47.6	22.7	3.7	9.0	3.8	13.1
南非	129.0	21.9	2.8	70.6	2.4	0.2	2.2
欧盟	1664.3	38.3	23.4	13.2	11.1	4.6	9.4
OECD	5575.1	38.4	22.8	13.8	7.6	5.3	7.2
世界	13945.5	33.1	24.2	27.0	4.3	6.4	5.0

注：1、可再生能源是用于发电的风能、地热、太阳能、生物质和垃圾。
　　2、水电和可再生能源按火电站 转换效率 38%换算热当量。
来源：BP Statistical Review of World Energy, June 2020。

表 58 **中国一次能源消费量及结构**

年份	能源消费总量/万 tce	构成（能源消费总量=100）			
		煤炭	石油	天然气	水电、核电、风电
1978	57144	70.7	22.7	3.2	3.4
1980	60275	72.2	20.7	3.1	4.0
1985	76682	75.8	17.1	2.2	4.9
1990	98703	76.2	16.6	2.1	5.1
1991	103783	76.1	17.1	2.0	4.8
1992	109170	75.7	17.5	1.9	4.9
1993	115993	74.7	18.2	1.9	5.2
1994	122737	75.0	17.4	1.9	5.7
1995	131176	74.6	17.5	1.8	6.1
1996	135192	73.5	18.7	1.8	6.0
1997	135909	71.4	20.4	1.8	6.4
1998	136184	70.9	20.8	1.8	6.5
1999	140569	70.6	21.5	2.0	5.9
2000	146946	68.5	22.0	2.2	7.3
2001	155547	68.0	21.2	2.4	8.4
2002	169577	68.5	21.0	2.3	8.2
2003	197083	70.2	20.1	2.3	7.4
2004	230281	70.2	19.9	2.3	7.6
2005	261369	72.4	17.8	2.4	7.4
2006	286467	72.4	17.5	2.7	7.4
2007	311442	72.5	17.0	3.0	7.5
2008	320611	71.5	16.7	3.4	8.4
2009	336126	71.6	16.4	3.5	8.5
2010	360648	69.2	17.4	4.0	9.4
2011	387043	70.2	16.8	4.6	8.4
2012	402138	68.5	17.0	4.8	9.7
2013	416913	67.4	17.1	5.3	10.2
2014	425806	65.6	17.4	5.7	11.3
2015	429905	63.7	18.3	5.9	12.1
2016	435819	62.0	18.5	6.2	13.3
2017	449000	60.4	18.8	7.2	13.6
2018	464000	59.0	18.9	7.8	14.3
2019	486000	57.7	19.6	8.3	14.4

来源：国家统计局。

表 59　　　　中国分部门终端能源消费量及结构

	2010		2015		2016		2017		2018	
	Mtce	%	Mtce	%	Mtce	%	Mtce	%	Mtce	%
农业	78.7	3.3	98.4	3.3	96.8	3.1	95.0	3.0	93.2	2.9
工业	1610.9	67.5	1803.3	60.3	1814.6	58.8	1810.1	57.7	1805.5	56.3
交通运输	330.2	13.8	448.4	15.0	503.5	16.3	532.9	17.0	576.2	18.0
建筑	368.0	15.4	638.2	21.4	672.9	21.8	700.2	22.3	730.6	22.8
合计	2387.8	100.0	2988.3	100.0	3087.8	100.0	3138.2	100.0	3205.5	100.0

解析：终端能源消费量计算方法

1、终端能源消费量

能源消费量按电热当量法计算。

终端能源消费量 = 一次能源消费量—能源工业用能源—中间环节损失

2018 年终端能源消费量计算如下。

（1）能源工业用能源/万 tce

计算方法。行业能源消费量—95%的汽油—35%的柴油

煤炭开采和洗选业。3934.9 — 汽油（9.1×95%）=7.6 — 柴油（237.6×35%）=83.2=3844.1

石油和天然气开采业。2850.7—汽油（11.4×95%）=10.8 — 柴油（59.5×35%）=20.8=2819.1

石油加工、炼焦和核燃料加工业。18769.0 — 汽油（2.7×95%）=2.6 — 柴油（28.5×35%）=8.9 = 18757.5

电力、热力生产和供应业。7805.9 —（28.0×95%）=26.6 — 柴油（34.4×35%）=12.0 =7767.3

合计　33188.0

（2）中间环节损失

火力发电。49321 亿 kWh×发电煤耗 290gce/kWh =14303Mtce ×（1—发电效率 45.1%）= 785.2Mtce

输电损失。49321 亿 kWh×线路损失率 6.27% = 3097 亿 kWh×发电煤耗 290gce/kWh = 88.7Mtce

煤炭铁路运输损失。铁路运煤量 1664Mt × 损失率 1.2% = 14.1Mtce

选煤损失。123.0Mtce

炼焦损失。41.3Mtce

炼油损失和煤制油。50.3Mtce

合计　　1102.6Mtce

2018 年终端能源消费量＝ 一次能源消费量 4640.0Mtce — 能源工业用能源 331.9Mtce — 中间环节损失 1102.6Mtce=3205.5Mtce

2. 分部门终端能源消费量

2018 年分部门终端能源消费量计算如下。

（1）农业

中国能源平衡表行业消费量 65.87Mtce —100%汽油 3.57Mtce =62.30Mtce

柴油消费量 21.39Mtce。严重偏低。中国农村能源行业协会、中国石油和化学工业联合会统计为 46.7Mtce。据此，2018 年农业能源消费量为 93.2Mtce。

（2）交通运输

国家统计局行业消费量为 433.0Mtce，加上工业、建筑业、商业（批发、零售业和住宿餐饮业）和其他行业用汽油和柴油 77.1Mtce，居民生活用汽油 51.6Mtce，总计 561.7Mtce。

工业、建筑业、商业和其他行业用汽油、柴油计算如下。

	汽油/万 tce	柴油/万 tce
工业	409.8	1733.8
建筑业	743.1	791.7
商业	405.4	308.6
其他行业	3183.5	1613.7
合计	4741.8×95%=4504.7	4447.8×35%=1556.7

（3）建筑

按照国际通行的定义和分类，建筑能耗是指民用建筑使用过程中消耗的能源，包括采暖、空调、热水、炊事、照明、家用电器等。民用建筑分为两类，即居住建筑和公共建筑（含商业建筑）。

建筑能耗由中国能源平衡表中居民生活、商业和其他行业相加得出。其他行业包括金融、房地产，商务及居民服务，地质勘查业，信息传输、计算机服务和软件业，仓储和邮政业，科学研究和技术服务业，教育、文化、体育和娱乐业，水利管理业，环境和公共设施管理业，卫生、社会保障和社会福利业，公共管理和社会组织，国际组织。

2018 年建筑能源消费量计算如下。

中国能源平衡表中，居民生活+商业+其他行业能源消费量 426.8+78.7+161.9=667.4Mtce

减去：居民生活 100%汽油 51.6Mtce，95%柴油（9.5×95%）= 9.1Mtce

商业 100%汽油 4.1Mtce，35%柴油（3.1×35%）= 1.1Mtce

其他行业 100%汽油 31.8Mtce，35%柴油（16.1×35%）= 5.6Mtce

合计：汽油 87.5Mtce + 柴油 15.7Mtce =103.2Mtce

加上：少算的居民生活用煤。中国能源平衡表 77Mt，实际消费量 310Mt，少算 233Mt，折 116.4Mtce。

2018 年建筑能源消费量为 667.4—103.2+166.4=730.6Mtce

表 60　　世界化石燃料消费量

煤炭/Mtoe			原油/Mt			天然气/亿 m³		
	2018	2019		2018	2019		2018	2019
中国	3835	3939	美国	919.7	918.8	美国	8208	8466
印度	982	979	中国	641.2	673.9	俄罗斯	4545	4445
美国	624	533	印度	239.1	246.5	中国	2830	3073
日本	189	186	日本	182.4	180.4	伊朗	2256	2211
韩国	150	142	沙特阿拉伯	162.2	163.4	日本	1157	1081
俄罗斯	234	234	俄罗斯	152.3	154.0	沙特阿拉伯	1121	1137
南非	186	189	巴西	135.9	137.1	加拿大	1157	1177
印尼	110	138	韩国	128.9	127.9	墨西哥	895	926
			德国	113.2	114.2	德国	883	912
			加拿大	110.0	111.0	英国	789	785
世界	7362	7318	世界	4662.1	4714.9	世界	38489	39259

来源：BP Statistical Review of world Energy, June 2020；中国国家统计局。

表 61　　中国四大煤炭用户用煤量　　单位：Mt

	火电	钢铁	建材	化工	总计
2000	574	151	239	88	1471
2005	1126	319	343	129	2434
2010	1757	458	504	161	3490
2015	1839	596	525	249	3969
2016	1845	588	521	259	3782
2018	1885	620	500	280	3835
2019	2040	670	510	280	3930

来源：行业统计。

表 62　　中国分品种石油制品消费量　　单位：Mt

	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019
汽油	35.05	48.53	68.56	115.99	119.83	122.20	127.70	131.73
柴油	67.74	109.73	146.99	174.07	164.69	166.70	173.53	166.38
煤油	8.70	10.77	17.65	27.90	30.23	33.45	37.42	38.70
燃料油	38.73	42.42	37.58	29.20	29.03	29.40	24.56	24.15

来源：国家统计局；中国石油和化学工业联合会；中国石油集团经济技术研究院。

表 63　　中国天然气消费量及结构

	2010		2015		2016		2017		2018		2019	
	亿 m^3	%	亿 m^3	%	亿 m^3	%	亿 m^3	%	亿 m^3	%	亿 m^3	%
发电	192.4	17.9	395	20.5	446	21.4	467	19.5	485	17.3	552	18.0
工业	381.3	35.4	454	23.5	493	23.6	727	30.4	1022	36.5	1073	35.0
化工	187.3	17.4	245	12.7	254	12.2	273	11.4	286	10.2	307	10.0
交通	79.7	7.4	243	12.6	261	12.5	272	11.3	300	10.7	381	12.4
建筑	235.1	21.9	594	30.7	631	30.3	655	27.4	710	25.3	754	24.6
合计	1075.8	100.0	1931	100.0	2085	100.0	2394	100.0	2803	100.0	3067	100.0

来源：国家统计局；国家能源局；中石油经济技术研究院。

表 64　　中国人均用电量　　单位：kWh

年份	全国	城镇	农村
1978	218	1072	32
1995	535	1747	100
2000	1063	2574	205
2005	1624	2999	587
2010	2752	4519	989
2015	4142	6212	1496
2016	4321	6370	1566
2017	4538	6578	1652
2018	4905	7108	1659
2019	5157	7399	1719

来源：国家统计局。

表 65　　　　　　　　　　　　中国制造业能源消费量（2019 年）

	单位产品能耗	2019 年产量	2019 年能源消费量/Mtce
钢	850 kgce/t	996.3Mt	846.9
电解铝	13257kWh/t	35.0 Mt	143.8
铜冶炼	335kgce/t	9.78 Mt	3.4
水泥	131 kgce/t	2350 Mt	307.9
建筑陶瓷	6.6kgce/m^2	101.6 亿 m^2	67.1
墙体材料	421 kgce/万块标准砖	13565 亿块标准砖	55.4
建筑石灰	141 kgce/t	125Mt	17.6
平板玻璃	12.5 kgce/重量箱	9.26 亿重量箱	11.6
炼油	92 kgce/t	634Mt（加工量）	58.3
乙烯	800 kgce/t	20.52 Mt	16.4
合成氨	1418 kgce/t	57.58 Mt	81.6
烧碱	861 kgce/t	34.64 Mt	29.8
纯碱	328 kgce/t	26.20 Mt	8.6
电石	3141 kWh/t	25.82 Mt	23.3
纸和纸板	312 kgce/t	107.7 Mt	33.6
合计			1705.3
总计			2436.1

注：1、产品综合能耗为全行业。墙体材料为粘土砖和新型墙体材料加权平均值。

2、产品电耗按发电煤耗折标准煤。

3、表中 6 个行业 15 种产品能源消费量约占制造业能源消费量的 70%。

来源：国家统计局；国家发展改革委；工业和信息化部；中国钢铁工业协会；中国有色金属工业协会；中国电力企业联合会；中国建材工业协会；中国石油和化学工业联合会；中国化工节能技术协会；中国陶瓷工业协会；中国电石工业协会；中国造纸协会。

表 66　　　　　　　　　　世界十大钢铁公司（2019 年）

钢铁公司	钢产量/万 t
1、卢森堡安赛乐米塔尔集团	9731
2、中国宝武集团	9522
3、日本新日铁住金集团	5168
4、中国河北钢铁集团	4656
5、韩国浦项集团	4312
6、中国沙钢集团	4110
7、中国鞍钢集团	3920
8、中国建龙集团	3119
9、印度塔塔钢铁集团	3015
10、中国首钢集团	2934

注：宝武集团系 2016 年上海宝山钢铁集团与武汉钢铁集团合并重组成立。日本新日铁住金集团系 2012 年新日铁与住友金属合并重组成立。
来源：世界钢铁协会；中国钢铁工业协会。

表 67　　　　　　　　　　世界十大水泥公司（2019 年）

	产销量/亿 t	产能/亿 t
1.中国建材集团	2.58	5.21
2.中国海螺水泥集团	2.98	3.53
3.法国拉法基豪瑞集团	2.21	3.05
4.德国海德堡水泥	1.30	1.96
5.中国冀东水泥集团	—	1.70
6.中国山东山水水泥集团	—	1.00
7.印度西麦斯公司	—	0.93
8.印度 ultra 水泥公司	—	0.90
9.中国华润水泥公司	—	0.83
10.中国台泥水泥公司	—	0.81

来源：世界水泥协会；中国水泥协会。

表 68　　中国各种运输线路长度　　单位：万 km

	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019
铁路营业里程	6.87	9.12	12.10	12.40	12.70	13.10	13.90
其中：高速铁路		0.51	1.98	2.20	2.50	2.90	3.50
公路里程	140.3	400.8	457.73	469.63	477.35	484.65	501.25
其中：高速公路	1.63	7.41	12.35	13.10	13.64	14.26	14.96
内河航运里程	11.93	12.42	12.70	12.71	12.70	12.71	12.73
民用航空航线里程	150.3	276.5	531.7	634.8	748.3	838.0	948.2
输油气管道里程	2.47	7.85	10.87	11.34	11.93	12.23	13.90

来源：国家统计局；交通运输部；中石油管道公司。

表 69　　　　中国各种运输方式运量、周转量和交通工具拥有量

	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019
运量							
客运/亿人次	147.9	327.0	194.3	190.0	184.9	179.4	176.0
铁路	10.5	16.8	25.3	28.1	30.8	33.7	36.6
公路	134.7	305.3	161.9	154.3	145.7	136.7	130.1
水路	1.9	2.2	2.7	2.7	2.8	2.8	2.7
民航	0.7	2.7	4.4	4.9	5.5	6.1	6.6
货运/亿 t	135.87	324.18	417.1	438.7	480.5	515.3	470.6
铁路	17.86	36.43	33.6	33.3	36.9	40.3	43.2
公路	103.88	244.81	315.0	334.1	368.7	395.7	343.5
水路	12.24	37.89	61.4	63.8	66.8	70.3	74.7
民航	0.002	0.0056	0.063	0.067	0.071	0.074	0.075
周转量							
客运/亿人-km	12261	27894	30047	31258	32813	34218	35349
铁路	4533	8762	11961	12579	13457	14147	14707
公路	6657	15021	10473	10229	9765	9280	8857
水路	101	72	73	72	78	80	80
民航	971	4039	7271	8360	9513	10712	11705
货运/亿 t-km	43321	141837	178356	186629	197372	199386	199290
铁路	13770	27644	23754	23792	26962	28821	30075
公路	6129	43390	56847	61080	66772	71249	59636
水路	23734	68428	91772	97339	98611	99053	103963
民航	50	179	202	222	244	263	263
民用汽车拥有量/万辆	1608.9	7801.8	16284.5	18574.5	20906.7	23231	26150*
其中：私人载客车	365.1	4989.5	12737.2	14896.3	17001.5	18930.3	22635.0
民用机动船拥有量/万艘	18.50	15.56	16.59	16.01	14.49	13.70	13.16
民用飞机拥有量/架	982	2405	4554	5046	5593	6134	6313

注：*包括 762 万辆农用三轮汽车和低速货车。
来源：同上表。

表 70　　　　　　　　　　　　中国交通运输能源消费量

	2005	2010	2014	2015	2016	2017	2018	2019
公路								
汽油/Mt	46.08	67.5	101.7	112.0	118.0	120.4	122.9	128.6
柴油/Mt	54.60	77.9	108.0	105.3	90.2	108.6	107.6	111.7
铁路								
柴油/Mt	5.61	6.72	6.58	6.25	7.03	8.28	8.16	8.22
电力/亿 kWh	198.1	307.0	478.0	507.7	571.2	595.0	603.0	607.0
水路								
燃料油和柴油/Mt	14.83	22.45	27.49	26.19	27.50	27.8	27.3	28.7
民航								
煤油/Mt	9.52	16.01	23.4	25.6	30.3	33.45	37.41	36.84

来源：国家统计局；国家发展改革委；国家铁路局；交通运输部；中国民用航空局；中国汽车工业协会；中国汽车技术研究中心；中石油经济技术研究院，中石油经研院数据统计。

表 71　　　　　　　　　　　　中国农业和农村能源指标

	2000	2010	2015	2017	2018	2019
农业机械总动力/万 kW	52574	92786	111728	98783	100372	102758
耕地灌溉面积/万 ha	5382.0	6034.8	6587.3	6781.6	6827.2	6867.9
节水灌溉面积/万 ha	1639	2731	3106	3432	3614	3706
农用化肥施用量/万 t	4145	5562	6023	5859	5653	5404
乡村办小水电站装机容量/万 kW	698.5	5924.0	7588.0	7927.0	8044.0	8144.0
农村用电量/亿 kWh	2421.3	6632.3	9026.9	9524.4	9358.5	9482.9

来源：国家统计局。

表 72　　　　　　　　　　中国房屋建筑面积　　　　　　　　　单位：亿 ㎡

	住宅			公共建筑	合计
	城镇	乡村	合计		
2000	93	201	294	32	326
2005	156	221	377	57	434
2010	218	229	447	101	548
2011	226	238	464	105	569
2012	234	238	472	108	580
2018	244	238	482	128	610

来源：国家统计局；清华大学建筑节能研究中心。

表 73　　　　　　中国家用耗能器具和设备普及率　　　　　单位：台/百户

	2010		2015			2018			2019		
	城镇	农村	全国	城镇	农村	全国	城镇	农村	全国	城镇	农村
房间空调器	112.1	16.0	81.5	114.6	38.8	109.3	142.2	65.2	115.6	148.3	71.3
电冰箱	96.6	45.2	89.0	94.0	82.6	98.8	100.9	95.9	100.9	102.5	98.6
彩色电视机	137.4	111.8	119.9	122.3	116.9	119.3	121.3	116.6	120.6	122.8	117.6
排油烟机		11.1	45.7	69.2	15.3	56.4	79.1	26.0	59.3	81.7	29.0
热水器	84.8		71.2	85.6	52.5	85.0	97.2	68.7	86.9	98.2	71.7
洗衣机	96.9	57.3	86.4	92.3	78.8	93.8	97.7	88.5	96.0	99.6	96.1
微波炉	59.0		36.9	53.8	15.0	39.2	55.2	17.7	40.1	55.7	18.9
家用电脑	71.2	10.4	55.5	78.5	25.7	53.4	73.1	26.9	53.2	72.2	27.5
移动电话	188.9	136.5	224.8	223.8	226.1	249.1	243.1	257.0	253.2	247.4	261.2
家用汽车	13.1		22.7	30.0	13.3	33.0	41.0	22.3	35.3	43.2	24.7

来源：国家统计局。

表 74　　　　　　　　　　　中国家用电器用电量（2019 年）

	拥有量/亿台		用电量/亿 kWh	
	居民家庭	全社会	居民家庭	全社会
房间空调器	4.86	7.47	2624	4085
电冰箱	4.24	4.29	1238	1252
彩色电视机	5.07	5.64	639	709
电饭锅	3.56	3.56	347	347
电风扇	6.10	8.70	120	171
电热水器	2.03	2.26	964	1074
排油烟机	2.49	2.76	301	335
微波炉	1.69	1.88	76	85
洗衣机	4.03	4.47	161	180
合计			6470	8238

注：1、居民家庭拥有量按全国平均每百户拥有量乘全国居民户数 420.5 百万户计算。

2、居民家庭拥有量占全社会拥有量比例，电饭锅 100%，房间空调器 65%，电风扇 70%，其余电器 90%。

3、每台平均功率和年利用小时：房间空调器 1200W，450h；彩色电视机 120W，1050h；电饭锅 650W，150h；电风扇 55W，360h；电淋浴热水器 2500W，190 h；抽油烟机 220W，550 h；微波炉 750W，60 h；洗衣机 400W，100 h；电冰箱平均日耗电 0.8kWh。

来源：国家统计局；行业统计数据；家用电器平均功率和年利用小时，王庆一编著，2014 能源数据。

表 75　　　　　　　　　　美国居民家庭用电

	2010	2015	2016	2017	2018
全国人口/百万	309.6	322.0	324.0	325.8	327.2
居民户数/百万	113.8	115.4	116.0	119.5	120.4
住房面积/m^2/户	153.6	157.4	158.2	159.0	159.6
户均终端能耗/kgce/户	3678	3407	3331	3357	3592
居民家庭用电/TWh					
照明	202.2	167.3	147.7	147.2	138.3
采暖	87.9	110.4	109.7	117.1	154.0
空调制冷	316.4	267.6	282.1	277.6	332.2
热水	131.9	150.5	152.4	153.9	153.9
冰箱	108.4	120.4	117.3	117.1	117.1
冷藏箱	23.4	26.8	25.0	23.4	23.4
彩色电视机和机顶盒	96.7	97.0	94.5	93.7	89.4
洗衣机	8.8	10.0	8.6	6.7	6.7
干衣机	55.7	70.2	69.2	70.2	73.7
烹调	32.2	36.8	36.4	36.8	36.8
洗碟机	29.3	30.1	31.6	30.1	30.1
个人电脑及相关设备	49.8	36.8	36.1	33.5	33.5
炉子风扇和锅炉循环泵	38.1	36.8	36.7	40.1	51.6
其他	296.6	441.5	461.8	481.7	478.7
合计	1450.4	1598.9	1609.2	1598.9	1629.5
人均家庭生活用电/kWh	4685	4966	4967	4908	4980

注：1. 2019 年人均家庭生活用电为 4865kWh。
2.其他包括小电器、加热部件和其他电动机。
来源：DOE/EIA，Annual Energy Outlook 2012，2017，2018，2019。

解析。美国城市禁止室外晾晒衣物，干衣机普及率很高。2010 年，全国有 8800 万台干衣机，每台平均年耗电 1079kWh，相当于我国 2017 年全国居民人均生活用电 626kWh 的 1.7 倍。奢侈浪费的美国生活方式由此可见一斑。

表 76　　　　　　　　　　　　中国公共机构能源消费量

2000	61.18 Mtce
2005	104.84 Mtce
2010	150.51 Mtce
2011	168.43Mtce
2012	184.07 Mtce
2013	197.63 Mtce
2014	200.84 Mtce
2015	218.81 Mtce
2016	231.54 Mtce
2017	242.69 Mtce
2018	262.62 Mtce
其中：电力	5716 亿 kWh
汽油	21.64 Mt
农村居民生活用电	4109 亿 kWh（2017）
2017 年公共机构人均用电为农村居民人均生活用电的 10.1 倍	

注：公共机构是指依靠政府财政资金运作的政府机关、事业单位、社会团体和公共事业单位。
来源：国家统计局；中国电力企业联合会；住房和城乡建设部。

表 77　　　　　　　　　　　中国的能源浪费

我国的能源浪费十分严重，后果堪忧。2018 年，全国浪费能源 7.85 亿 tce，相当于终端能源消费量 32.06 亿 tce 的 1/4。浪费投资 1.96 万亿元，相当于能源工业投资的 65.1%；排放 CO_2 13.6 亿 t，相当于全国 CO_2 排放量的 15.2%。

2018 年全国能源浪费计算如下。

1、建筑

1.1 住房超常空置

中国是世界上住房浪费最严重的国家。2018 年，全国城镇新增住房建筑面积 33.7 亿 m^2，农村新增 12.9 亿 m^2。全国城乡住房空置率分别高达惊人的 30%和 50%。农村空置率包括只在春节十来天有人住的住房。国际警戒线为 5%-10%。美国多年平均空置率不超过 5%。

住房空置率倚高的原因，首先是地方政府的土地财政。政府低价收购土地使用权，强行征地拆迁，然后拍卖转让，牟取暴利，导致房地产扩张失控。炒房客疯狂囤房，推波助澜。在农村，青壮年外出谋生，十室九空，加之跟风攀比，多占宅基地建房，结婚必有新房，留房养老，促使住房大肆扩张。

城镇新建 1 m^2 住房，需用钢材 50kg，水泥 220kg，墙体材料 180 块标准砖，铺地陶瓷砖 0.7 m^2。2018 年，生产这些材料的产品能耗分别为 861kgce/t、132kgce/t、425kgce/万块标准砖和 6.7kgce/ m^2。总共耗能 84.6kgce/ m^2，加上施工能耗 7kgce/m^2，总计 91.6kgce/ m^2。农村新建 1 m^2 住房需用钢材 25kg，水泥 130kg，墙体材料 100 块标准砖，总共耗能 42.4kgce/ m^2，加上施工能耗 7kgce/m^2，总计 49.4kgce/m^2。

住房合理空置率按 10%计，城镇超常空置率为 20%，超常空置 3.5 亿 m^2，浪费能源 29.3Mtce。农村超常空置率为 40%，超常空置 5.2 亿 m^2，浪费能源 25.7Mtce。全国城乡住房超常空置浪费能源 55.0Mtce。

1.2 城市大拆大建

2018 年，城市拆除短命建筑（25 年）4.0 亿 m^2，浪费能源 36.6Mtce。

2018 年，全国建筑浪费能源 91.6Mtce。

2.电力

2.1 火力发电

2018 年，全国火力发电装机容量 1144GW，利用小时 4303，发电 49230 亿 kWh，年利用小时如果达到 2014 年以前多年平均 5000，可发电 57200 亿 kWh。火电过剩电量 7920 亿 kWh，发电煤耗 290gce/kWh，浪费能源 229.7Mtce。

2.2 企业自备电厂

2018 年，全国企业自备电厂燃煤机组装机容量 115GW，大都是无证经营的违规电厂，采用明令禁止的小火电机组，单台容量只有几千瓦到几万千瓦，发电煤耗 320gce/kWh，比全国统调电厂高 30gce/kWh，浪费能源 15.0Mtce。自备电厂是小火电淘汰目标。2017 年淘汰小火电 5GW，2018 年 12.9GW。

2.3 弃水弃风弃光

2018 年，全国弃水电量 691 亿 kWh，弃风 277 亿 kWh，弃光 55 亿 kWh，合计 1023 亿 kWh，浪费能源 29.7Mtce。

2018 年，电力行业浪费能源 274.4Mtce。

3.锅炉和窑炉

3.1 小锅炉

2018 年，全国燃煤小锅炉 46.7 万台，耗煤 770Mt。如果改造为煤粉锅炉，运行效率由 65%提高到 90%，可避免煤炭浪费 100Mtce。

3.2 窑炉

制砖。2018 年，全国砖厂多达 3.7 万家，95%在农村，生产墙体材料 12010 亿块标准砖，其中粘土砖占 26%，产品能耗 600tce/万块标准砖，比美国高 1 倍，能源消耗量 53.3Mtce，浪费能源 26.7Mtce。

石灰。2018 年，全国石灰窑多达 8600 万座，其中土石灰窑占 70%。生产建筑石灰 115Mt，耗能 16.3Mtce。土窑产品能耗比机械化立窑高一倍，浪费能源 12Mtce。

2018 年，窑炉浪费能源 38.7Mtce。

4.民用和服务业小煤炉

2018 年，全国民用和服务业小煤炉保有量达 1.5 亿台，其中民用 1.2 亿台，服务业 0.3 亿台（商业为炉灶）。耗煤 400Mt，其中民用 320Mt，服务业 80Mt。传统煤炉占 70%，热效率仅 20%；节能煤炉 40%，仍是很低的。效率 70%的炉灶已商业化，与效率 70%的炉灶相比，浪费煤炭 200Mt，折 143Mtce。这种我国古代就有的采暖和炊事工具，早应全部淘汰。

5.汽油

我国公共机构公车数量多，排量大，公车私用，导致浪费。2018 年，全国私人小型载客车保有量 1.89 亿辆，消耗汽油 3990 万 t，人均 0.21t。公车消耗汽油 2044 万 t，公共机构就业人员 6802 万人，人均用油 0.30t。2018 年，公共机构浪费汽油 6.1Mt，折 9Mtce。

6.出口高耗能产品

我国产能严重过剩的钢材和光伏组件大量出口，遭致美、欧等多国反倾销。2018 年出口钢材 69.33Mt。生产 1t 钢材耗能 885kgce，出口钢材浪费能源 61.4Mtce。出口光伏组件 66.8GW，占产量的 67.7%。光伏组件综合电耗 2670kWh/kW。出口光伏组件浪费电量 1784 亿 kWh，当年供电热耗 308gce/kWh，浪费能源 54.9Mtce。

2018 年，出口高耗能产品浪费能源 116.3Mtce。

7.粮食

联合国粮农组织指出，中国是世界上粮食浪费最多的国家。目前，全国家庭、餐馆、学校、食堂等粮食终端消费每年浪费 50Mt。生产 1t 粮食，农田耕作和灌溉需用柴油、电力、化肥等消耗能源 0.25tce。2018 年浪费能源 12.5Mtce。

2018 年，全国浪费能源 785Mtce。

六、能源效率和节能

表 78　　中国历年节能率和节能量

	一次能源消费量/Mtce	万元 GDP 能耗/tce	万元 GDP 能耗下降率/%	节能量/Mtce
1980	602.8	13.20		
1981	594.5	12.37	6.3	37.8
1982	620.7	11.84	4.3	22.5
1983	660.4	11.36	4.1	22.3
1984	709.0	10.59	6.8	41.1
1985	766.8	10.10	4.6	37.9
“六五”合计				161.6
1986	808.5	9.78	3.2	17.3
1987	866.3	9.39	4.0	24.7
1988	930.0	9.06	3.5	34.1
1989	970.0	0.07	+1.1	-4.9
1990	987.0	8.90(5.32)	1.8	28.9
“七五”合计				100.1
1991	1037.8	5.12	3.8	41.0
1992	1091.7	4.72	7.8	93.4
1993	1159.9	4.40	6.8	116.6
1994	1227.4	4.12	6.4	75.1
1995	1311.8	3.97	3.6	44.6
“八五”合计				370.7
1996	1351.9	3.69	7.1	59.6
1997	1359.1	3.40	7.9	74.0
1998	1361.8	3.16	7.1	159.7
1999	1405.7	3.03	4.1	117.0
2000	1469.6	2.89(1.47)	4.6	139.7
“九五”合计				550.0
2001	1555.5	1.44	2.0	44.1
2002	1695.8	1.44	0	0
2003	1970.8	1.52	+5.6	-109.3
2004	2320.8	1.61	+5.9	-144.6
2005	2613.7	1.64(1.41)	+1.9	-55.8

“十五”合计				-265.6
2006	2864.7	1.37	2.8	87.1
2007	3114.4	1.30	5.1	187.6
2008	3206.1	1.22	6.2	253.4
2009	3361.3	1.17	4.1	172.8
2010	3606.5	1.14(0.88)	2.6	122.7
“十一五”合计				823.6
2011	3870.4	0.86	2.3	96.8
2012	4120.4	0.83	3.5	160.2
2013	4169.1	0.80	3.6	176.4
2014	4258.1	0.762	4.80	214.8
2015	4299.1	0.719	5.60	240.9
“十二五”合计				889.1
2016	4358.2	0.683	5.0	218.1
2017	4490	0.658	3.7	166.2
2018	4640	0.638	3.1	143.9
2019	4860	0.621	2.6	123.8

来源：国家统计局；国家发展改革委。
注：1980~1990、1990~2000、2000~2005、2005~2010、2010~2018GDP 分别按 1980、1990、2000、2005 和 2010 年可比价格计算。

计算方法：2019 一次能源消费量 4860Mtce × 节能率 0.026/100 ─0.026 =123.8 Mtce.

表 79　　中国 2019 年节能量　　单位：Mtce

	2019 年比 2018 年节能量	占比/%
技术节能量	83.64	67.6
制造业	39.33	31.7
交通运输	17.53	14.2
建筑	26.78	21.6
结构节能量	40.16	32.4
全社会节能量	123.8	100.0

表 80　　　　　　　　　　　　中国 2019 年制造业节能量

	产品能耗						2019 产量	2019 比 2018 节能量 /Mtce
	单位	2010	2015	2017	2018	2019		
钢	kgce/t	950	899	890	861	850	996.3 Mt	9.96
电解铝	kWh/t	13979	13562	13577	13555	13257	35.0 Mt	3.10
铜	kgce/t	500	372	359	342	335	9.78 Mt	0.11
水泥	kgce/t	143	137	133	132	131	2350 Mt	2.23
建筑陶瓷	kgce/m^2	7.7	7.0	6.8	6.7	6.6	101.6 亿 m^2	1.02
墙体材料	kgce/万块标准砖	468	444	429	425	421	131565 亿块标准砖	0.53
建筑石灰	kgce/t	160	145	143	142	141	125 Mt	0.13
平板玻璃	kgce/重量箱	16.9	14.7	14.3	14.0	12.5	9.27 亿重量箱	1.39
炼油	kgce/t	100	96	97	96	92	1128 Mt（加工量）	4.65
乙烯	kgce/t	950	854	841	840	800	20.52 Mt	0.82
合成氨	kgce/t	1587	1495	1463	1453	1418	57.60 Mt	2.02
烧碱	kgce/t	1006	897	875	871	861	34.64 Mt	0.34
纯碱	kgce/t	385	339	333	331	328	26.20 Mt	0.08
电石	kWh/t	3340	3303	3279	3208	3141	25.82 Mt	0.50
纸和纸板	kgce/t	390	339	326	318	312	107.7 Mt	0.65
合计								27.53
制造业总计								39.33

注：1、产品综合能耗中的电耗，按发电煤耗折算标准煤。
　　2、产品能耗均为全行业平均。
　　3、2019 年表中 6 个行业 15 项产品能源消费量约占制造业能源总消费量的 70%。

来源：国家统计局；2020 中国统计年鉴；国家发展改革委；工业和信息化部；中国电力企业联合会；中国钢铁工业协会；中国有色金属工业协会；中国建材工业协会；中国水泥协会；中国陶瓷工业协会；中国石油和化学工业联合会；中国化工节能技术协会；中国电石工业协会；中国造纸协会。

表 81　　　　　　　　　　中国 2019 年交通运输节能量

	单位工作量能耗/kgce/万换算 t-km				2019 工作量/亿换算 t-km	2019 比 2018 节能量/万 tce
	2015	2017	2018	2019		
公路	506.5	486.0	480.0	474.0	72466	1594
铁路	47.1	43.3	41.1	39.4	31546	54
水运	41.3	40.2	40.1	39.2	104043	84
民用航空	5152	4562	4223	4203	1206	21
总计						1753

来源：国家统计局；国家铁路局；交通运输部；中国电力企业联合会；中国汽车工业协会；中国汽车技术研究中心；中石油经济技术研究院，2019 中石油经研院能源数据统计； 2019 年交通运输业发展公报；2019 年中国民航统计公报；2019 铁道统计公报。

表 82　　　　　　　　　　中国 2019 年建筑节能量　　　　　　　　　单位：Mtce

	2015	2016	2017	2018	2019
新建建筑	10.20	15.67	16.00	18.30	22.90
既有居住建筑	1.67	1.32	1.60	2.38	3.88
合计	11.87	16.99	17.60	20.68	26.78

注：1、2019 年新建建筑是新建 24.7 亿 m^2 节能建筑的节能能力。

2、2019 年既有居住建筑是 2.6 亿 m^2 北方地区住宅节能技术改造形成的节能能力。

3、照明节电为新增 LED 替代白炽灯节能量。

4、可再生能源建筑应用为新增量，包括太阳能热水器、光伏发电、地源热泵、地热采暖和农村沼气。

来源：住房和城乡建设部；国家发展改革委；自然资源部；农业部；中国农村能源行业协会； 中国太阳能协会；国家半导体照明工业研发及产业联盟。

表 83　　　　　部分国家和地区单位 GDP 能耗（2019 年）　　　　单位：tce/百万美元

英国	97.4
意大利	108.6
德国	117.7
法国	122.0
日本	123.6
美国	155.3
中国	341.9
印度	395.9
世界	227.0

来源：GDP，IMF；能源消费量，BP Statistical Review of World Energy，June 2020。

表 84　　　　　　　　　　　中国物理能源效率　　　　　　　　　　单位：%

	2000	2005	2010	2014	2015	2016	2017	2018
1、开采效率	33.0	33.3	35.9	36.2	36.2	36.3	36.6	36.6
2、中间环节效率	68.5	70.8	70.9	68.7	67.5	68.7	70.0	70.8
3、终端利用效率								
农业	32.0	33.0	34.0	36.2	36.5	36.6	36.7	36.8
工业	46.0	47.3	50.5	53.8	54.0	54.8	55.0	55.2
交通运输	28.9	29.2	29.1	33.1	33.3	34.5	34.5	34.7
建筑	66.0	68.4	74.2	74.2	74.5	74.8	75.4	76.2
合计	46.7	48.3	51.0	53.5	54.8	55.2	55.4	55.6
4、能源效率（2×3）	32.0	34.2	36.0	36.8	37.0	37.9	38.8	39.4
5、能源系统总效率（1×4）	10.6	11.4	12.9	13.3	13.4	14.1	14.2	14.4

注：1、本表系作者按国际通行的能源平衡定义和计算方法计算得出。
　　2、中间环节是能源加工、转换和贮运，工业包括建筑业。

解析：物理能源效率计算方法

物理能源效率的计算，以国家统计局编制的中国能源平衡表为基础。但中国能源平衡表有很大的缺陷，令人一头雾水。主要是在平衡表结构、行业分类、企业能耗统计等方面。最大的问题，一是终端能源消费未扣除能源工业用能，二是行业能源消费统计沿用“工厂法”，只统计行业所属企业法人的能源消费量，而不是按生产活动分类统计。结果是交通运输和建筑材料行业等能源消费量严重失真。在交通运输行业中，公路运输只统计交通行业营运车辆用油，不计其他行业和私人车辆用油。2017 年，其他行业和私人车辆用油占总消费量的 47.3%。为测算中国公路运输实际用油量，世界银行经过调研，推出以下经验公式：中国能源平衡表中，工业和建筑业消费的 95%的汽油、35%的柴油，农业消费的 100%的汽油，居民生活消费的 100%的汽油、95%的柴油，批发零售业和住宿餐饮业消费的 95%的汽油、35%的柴油，计入交通运输。

在中国能源平衡表中，建材行业能源消费量只统计行业所属企业，生产大量建材的其他行业不计在内。2018 年，采用笔者按发电煤耗法修正的建材产品综合能耗计算的建材行业能源消费量如下。

	产量	产量综合能耗	能源消费量/Mtce
水泥	2208 Mt	132kgce/t	291.5
建筑陶瓷	90.1 亿 m^2	6.7kgce/㎡	61.6
墙体材料	12010 亿块标准砖	425kgce/万块标准砖	51.0
建筑石灰	115 Mt	142kgce/t	16.3
平板玻璃	8.69 亿重量箱	14.0kgce/重量箱	11.7
总计			432.1

表中 5 种产品能源消费量占建材行业总消费量的 95%，建材行业能源消费量为 454.8Mtce。我国从 2006 年开始，产品综合能耗中的电耗折标准煤的方法由发电煤耗法改为电热当量法。而国外所有国家都采用发电煤耗法。2017 年，国家统计局统计的建材行业电热当量法能源消费量为 276.0Mtce，相当于包括其他行业在内的发电煤耗法消费量的 59.5%。

中国能源平衡表的上述弊端，导致流传颇广、令人疑惑的中国能源消费和能源效率数据。在有关部门负责人的讲话、文章和文件中，有以下几个数据：“我国工业能源消费量约占全社会总能耗的 73%左右”。“交通运输行业能源消费量约占全社会能源消费量的 8%”。“我国建筑能耗已占全社会总能耗的 33%”。这都是错得离谱的，很大程度上归因于中国能源平衡表。

2018 年物理能源效率计算如下。

1、开采效率

煤炭、石油、天然气产量占化石能源产量比重 × 煤、油、气回采率，然后相加得出。2018 年，煤、油、气回采率分别为 35%、31% 和 64%。开采效率为 36.6%。

2、中间环节效率

中间环节包括能源加工、转换和贮运。

中间环节效率 = 1 —（能源工业用能 ＋ 中间环节损失） / 一次能源消费量

2018 年中间环节效率 = 1—(332Mtce+975Mtce)/4640Mtce)= 71.8%

3、终端利用效率

终端利用效率 = 农业、工业、交通运输、建筑能源消费量占终端能源消费量比重 × 各自的能源效率，然后相加。

2018 年终端利用效率为 55.6%。

2018 年终端利用效率计算如下。

（1）农业

农业能源效率按农用机械效率测算，2018 年为 36.8%。

（2）工业

按照中国能源平衡表的行业分类，工业分为采掘业、制造业以及电力、热力生产和供应业。终端能源消费为制造业。制造业能源消费按主要行业测算。钢、电解铝、水泥、合成氨能源消费量占制造业能源消费量比重 × 能源效率，然后相加得出。行业能源消费量和单位产品耗能中的电耗按当年发电煤耗折标准煤。2018 年，钢、电解铝、水泥、合成氨生产用能占制造业的比重分别为 33.9%、6.0%、12.4%和 3.5%，其他行业占 44%。制造业能源消费量为 2436Mtce。产品生产的能源效率 = 理论效率（单位产品能耗）/ 实际效率（单位产品能耗）。钢、电解铝、水泥、合成氨理论能耗分别为 440kgce/t、6330kWh/t、57kgce/t 和 727kgce/t, 2018 年能耗分别为 613kgce/t（可比能耗）、13555kWh/t、132kgce/t 和 1453kgce/t 。

2018 年制造业能源效率为 55.2%。

（3）交通运输

交通运输能源效率计算公路、铁路和水运能源效率。

计算方法。公路运输用汽油和柴油、铁路用柴油和电力、水运用燃料油和柴油消费量占比 × 汽油、柴油汽车、内燃机车和电力机车、船用柴油机热效率，然后相加。2018 年，汽油汽车和柴油汽车热效率分别为 31%和 37%，内燃机车和电力机车分别为 25%和 30%，船用柴油机为 40%。

2018 年，交通运输能源效率为 34.7%。

2018 年交通运输能源效率计算如下。

	能源消费量/Mtce	占比/%	能源效率/%	终端能源效率/%
公路				
汽油	189.2	44.8	32	14.3
柴油	162.7	38.5	38	14.6
铁路				
柴油	11.9	2.8	25	0.7
电力	17.6	4.0	30	1.2
水运				
燃料油和柴油	41.0	9.7	40	3.9
总计	422.4	100.0		34.7

注：水运船舶使用燃料油，船舶进出港、进出狭窄航道、大风大浪天气使用柴油。燃料油和柴油是各自独立的系统。2018 年，水运消耗燃料油 24.8Mt，柴油 3.0Mt。

（4）建筑

建筑能源消费量分为煤炭、气体燃料（焦炉煤气、其他煤气、液化石油气、天然气）和电力。按中国能源平衡表中民用、商业和其他行业消费量相加得出。

民用煤消费量国家统计局为 92.8Mt，按国家环保部数据修正为 310Mt，商业和其他行业 80Mt。煤炭消费量 75%用于采暖，25%用于炊事。

气体燃料消费量 132.8Mtce, 其中天然气 587 亿 m^3, 液化石油气 33.1Mt。电力消费量 18675 亿 kWh，折 541.6Mtce。

建筑能源效率计算方法。建筑用煤炭、气体燃料和电力消费量占比×各自的能源效率，然后相加得出。

2018 年建筑能源效率计算如下。

	能源消费量/Mtce	占比/%	能源效率/%	终端能源效率/%
煤炭				
采暖	209.0	21.9	57	12.5
炊事	69.6	7.3	40	2.5
气体燃料	132.8	13.9	70	9.7
电力	541.6	56.8	90	51.1
总计	953.0	100.0		76.2

（5）终端利用效率

终端利用效率=农业、工业、交通运输、建筑能源消费量占终端能源消费量比重×各自的能源效率，然后相加。

2018 年终端利用效率为 55.6%。

4、能源效率

能源效率 = 中间环节效率 × 终端利用效率。

2018 年能源效率为 39.4%。

5、能源系统总效率

能源系统总效率=开采效率×能源效率。

2018 年为 14.4%。

表 85　　　　　　　　　　　　　中国高耗能产品能耗

	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	国际先进水平
火力发电热耗/gce/kWh	363	312	298	294	292	290	289	287
火电厂供电热耗/gce/kWh	392	333	315	312	309	308	306	275
钢综合能耗/kgce/t								
全行业	1475	950	899	898	890	861	850	
大中型企业	906	701	663	676	670	634		
钢可比能耗/kgce/t	784	681	644	640	634	613	605	576
电解铝交流电耗/kWh/t	15418	13979	13562	13599	13577	13555	13257	12900
铜冶炼综合能耗/kgce/t	1227	500	372	366	359	342	335	360
水泥综合能耗/kgce/t	172	143	137	135	133	132	131	97
墙体材料综合能耗/kgce/万块标准砖	763	468	444	434	429	425	421	300
建筑陶瓷综合能耗/kgce/m^2	8.6	7.7	7.0	6.9	6.8	6.7	6.6	3.4
建筑石灰综合能耗/kgce/t		160	145	144	143	142	14.1	120
平板玻璃综合能耗/kgce/重量箱	25.0	16.9	14.7	14.4	14.2	14.0	12.5	13.0
原油加工综合能耗/kgce/t	118	100	96	97	97	97	92	73
乙烯综合能耗/kgce/ t	1125	950	854	842	841	841	800	629
合成氨综合能耗/kgce/ t	1699	1587	1495	1486	1463	1453	1418	990
烧碱综合能耗/kgce/ t	1439	1006	897	878	875	871	861	670
纯碱综合能耗/kgce/ t	406	385	329	336	333	331	328	255
电石电耗/kWh/ t	3475	3340	3303	3224	3279	3208	3141	3000
纸和纸板综合能耗/kgce/ t								
全行业	912	390	339	333	326	318	312	
自制浆企业	1540	1200	1045	1027	1006	981	962	506

注：1、国际先进水平是居世界领先水平的国家的平均值。

2、中外历年产品综合能耗中，电耗均按发电煤耗折算标准煤。

3、火电厂发电热耗和供电煤耗中国为 6MW 以上机组，国际先进水平发电热耗为日本，供电热耗为意大利。2017 年，中国火电电源结构中，煤、油、气分别占 95.3%、0.2%和 4.5%，日本分别为 45.6%、7.3%和 47.1%，意大利分别为 21.0%、6.2%和 72.8%。

4、2018 年大中型钢铁企业产量占全国的 75.7%。国际先进水平为德国。

5、水泥综合能耗按熟料热耗和水泥综合电耗计算，电耗按发电煤耗折算标准煤。国际先进水平为德国，2014 年代用燃料（石油焦、废塑料、废轮胎、城市垃圾等）替代率 63.4%。

6、墙体材料综合能耗国际先进水平为美国。

7、中国乙烯生产主要用石脑油作原料，国际先进水平为中东地区，主要用乙烷作原料。

8、烧碱综合能耗国际先进水平为德国意大利合资企业伍德迪诺拉公司。

9、中国合成氨综合能耗是以煤、油、气为原料的大、中、小型企业的平均值。2018 年中国合成氨原料中煤占 75%。国际先进水平为美国，天然气占原料的 98%。

来源：国家统计局；工业和信息化部；中国煤炭工业协会；中国电力企业联合会；中国钢铁工业协会；中国有色金属工业协会；中国建筑材料工业协会；中国建筑陶瓷工业协会；中国化工节能技术协会；中国石油规划总院；中国造纸协会；中国化纤协会；日本能源经济研究所，日本能源与经济统计手册 2016

年版；德国钢铁企业协会；德国水泥工程协会。

表 86　　　　　　　　　　　中国主要耗电产品电耗

	产品电耗						2017 产量
	单位	2010	2014	2015	2016	2017	
煤炭开采和洗选	kWh/t	24.0	24.3	23.6	24.8	25.8	3520Mt
石油和天然气开采	kWh/toe	121	132	137	132	129	324.7Mtoe
钢	kWh/t	467	470	474	468	474	831.7Mt
电解铝交流电耗	kWh/t	13979	13596	13562	13599	13577	33.29Mt
水泥	kWh/t	89.7	85.5	82.7	81.5	80.5	2340Mt
平板玻璃	kWh/重量箱	7.1	6.2	6.1	6.0	6.0	7.94 亿重量箱
合成氨	kWh/t	1116	1043	989	983	968	51.91Mt
烧碱	kWh/t	2203	2280	2228	2028	1988	33.65Mt
电石	kWh/t	3340	3272	3303	3224	3279	24.47Mt
纸和纸板	kWh/t	545	536	539	549	537	125.4Mt

注：1111m^3天然气=1toe。
来源：国家统计局；工业和信息化部；中国煤炭工业协会；中国电力企业联合会；中国钢铁工业协会；中国有色金属工业协会；中国建筑材料工业协会；中国化工节能技术协会；中国造纸协会；中国化纤协会。

表 87　　　　　　　　高耗能行业集中度国际比较（2018 年）

	中国	外国
煤炭	5800 个矿，63.5 万 t/个	俄罗斯，181 个矿，239.4 万 t/个
炼铁	1000 座高炉，77.1 万 t/座	日本，25 座高炉，309 万 t/座
水泥	3000 个企业，73.7 万 t/厂	泰国，560 万 t/厂
砖瓦	3.7 万个厂，3240 万块标准砖/厂	先进企业，2.2 万块标准砖/厂
建筑石灰	8600 万座石灰窑，1.3 万 t/座	巴西，瑞士麦尔茨窑，29 万 t/座
炼油	345 座炼油厂，年加工能力 241 万 t/厂	韩国，6 座炼油厂，2470 万 t/厂
乙烯	34 套装置，年产 54.1 万 t/套	沙特阿拉伯，13 套装置，131 万 t/套
造纸	2657 个厂，纸和纸板产量 4.4 万 t/厂	发达国家平均 30 万 t/厂

来源：中国钢铁工业协会；中国建材工业协会；中国砖瓦工业协会；中国石油和化学工业联合会；中国造纸协会；日本钢铁协会；美国《油气》杂志。

解析：产业集中度对节能减排的影响

我国高耗能行业集中度很低，这是工业部门能效低、污染严重的重要原因。

⑴ 煤炭

我国是世界最大产煤国，煤矿数量惊人，2000 年多达 3.32 万个，2010 年 1.50 万个，2018 年仍有 5800 个，平均每矿产量 63.5 万 t。相比之下，俄罗斯 181 个矿平均每矿产煤 239.4 万 t。我国煤矿生产效率低，事故多。小矿死亡事故占全行业的 70%以上。据国家煤矿安全监察局统计，2018 年，全国未列入国家统计局统计的规模以下煤矿产量 0.9 亿 t。小矿数以千计。

⑵ 炼铁

2018 年，全国有 1000 座高炉，平均每座产铁 77.1 万 t，远低于日本的 309 万 t。主要原因是占全国粗钢产量 59%的民营钢铁企业高炉平均容积小，仅为全国大中型企业的 50%左右。

⑶ 水泥

2018 年，全国 3000 个水泥企业生产水泥 2208Mt，平均每个企业生产 73.6 万 t，远低于泰国的 560 万 t 和日本的 230 万 t。主要原因是农村为就地提供基本建设和农田水利建设所需水泥，建了大量水泥厂。

⑷ 砖瓦

2018 年，全国砖厂多达 3.7 万个，平均每厂年产 2340 万块标准砖，国外大型砖厂年产 2.2 万块标准砖。全国规模以下砖厂占 94%，产量占 1/3。目前，全国砖厂 90%在农村，80%采用落后的轮窑，生产效率很低，污染严重。2018 年，砖瓦行业就业人员达 500 万。80%的砖厂节能减排不达标，粘土砖产品综合能耗比美国高一倍。

⑸ 建筑石灰

2018 年，全国建筑石灰产量 115Mt，有 8600 万座石灰窑，平均每座年产 1.3 万 t。巴西的瑞士麦尔兹石灰窑，年产近 30 万 t。我国石灰窑小而散，普遍脏乱差。2018 年，先进产能仅占 30%。正在淘汰的石灰窑，每座年产仅 2 万 t。占产能 70%的传统石灰窑，排放大量 NOx 和含致癌物的粉尘，对人体和环境造成严重危害。江西玉山县岩瑞镇关山桥村，附近 6 座石灰窑排放的粉尘和煤烟，导致一个 60 多户的村民小组，有 10 多人死于癌症。

⑹ 炼油

2018 年，全国原油加工能力 831Mt，规模以上炼油厂有 1210 家，平均每厂加工能力 69 万 t，远低于世界平均每套 759 万 t。韩国 6 个炼油厂，平均每厂炼油能力达 2470 万 t。我国炼油装置品均规模小的原因，主要是大量地方炼厂平均规模很小。2017 年，地方炼厂总能力 261Mt，占全国的 31.4%。山东 69 家炼厂加工能力 163Mt，平均每厂仅 2.36 万 t。

⑺ 乙烯

2018 年，全国有 34 套乙烯装置，平均每套年产 54 万 t。沙特阿拉伯 13 套乙烯装置，平均每套达 131 万 t。

⑻ 造纸

2018 年，全国有 2657 家造纸厂，平均每厂纸和纸板产量仅 4.4 万 t。发达国家平均每厂 30 万 t。我国大量小型自制浆造纸企业的产品综合能耗比国际先进水平高一倍。许多小纸厂缺乏污水处理能力，造纸行业废水污染严重。

表 88　　　　　　　　　中国高耗能行业产能利用率（2019 年）

	产量	产能	产能利率率/%
煤炭/Mt	3850 Mt	5270 Mt	73.1
焦炭/Mt	471.3 Mt	616 Mt	76.5
钢/Mt	996.3 Mt	1260 Mt	79.1
电解铝/Mt	35.0 Mt	41.0 Mt	85.4
水泥/Mt	2350 Mt	3300 Mt	71.2
平板玻璃/亿重量箱	9.27 亿重量箱	11.60 亿重量箱	80.0
炼油/Mt	1128 Mt	1310 Mt	86.1
乙烯/Mt	20.52 Mt	28.89 Mt	71.0
烧碱/Mt	34.64 Mt	43.80 Mt	79.1
纯碱/Mt	26.20 Mt	32.50 Mt	80.7
甲醇/Mt	49.4 Mt	72.8 Mt	67.9
电石/Mt	25.82 Mt	34.8 Mt	74.1

注：炼油产能和产量为原油加工能力和加工量。
来源：工业和信息化部；国家统计局；国家发展改革委；中国煤炭工业协会；中国炼焦行业协会；中国钢铁工业协会；中国建材工业协会；中国石油和化学工业联合会。

表 89　　　　　　　　　中国工业部门产能淘汰量

	淘汰量						2019 年产量
	2006～2010	2015	2016	2017	2018	2019	
煤炭/Mt	450.0	90	290	150	150	110	3580
焦炭/Mt	10.38	19.35	40	16.8	19.2	29	471.3
火力发电/GW	72.1	4.23	4	5.0	12.9	20.0	1190.6
炼钢/Mt	68.6	17.1	65	50	30		996.3
电解铝/Mt	0.80	0.34	0.88	2.4	2.72		35.0
水泥/Mt	403	39	0.11	50	84		2350
平板玻璃/亿重量箱	1.52	0.11	0.33	2.3	1.2		9.27
电石/Mt	4.0	2.0	2.52	3.5	3.7	1.3	25.82
造纸/Mt	10.3	5.90	10.0	3.0	1.6		107.7

来源：工业和信息化部；国家统计局；中国煤炭工业协会；中国电力企业联合会；中国钢铁工业协会；中国建材工业协会；中国电石工业协会；中国造纸协会。

表 90　　　　　　　　　　　　中国调整产品结构节能

1、煤炭	提高原煤洗选比重。选煤可脱除 50%～70%的灰分和 60%～70%的无机硫。燃煤设备使用经过洗选的煤，可节煤 10%以上。我国原煤入洗比重由 2005 年的 31.9% 提高到 2019 年的 73.2%，洗选原煤 28.2 亿 t，节煤 2.8 亿 t，减排 CO_2 5.42 亿 t。
2、钢铁	（1）2019 年我国钢筋产量达 250Mt。用 400MPa 及以上高强度钢筋替代 1 亿 t 335MPa 普通钢筋，每年可减少 1000 万 t 钢筋消耗，节省铁矿石 1600 万 t，节能 950 万 tce。2019 年，400MPa 及以上钢筋占钢筋总产量的比重已达 80%。 （2）降低铁钢比。铁钢比是生铁产量与粗钢产量的比值，主要取决于废钢回炉再生量。2019 年，我国铁钢比为 0.87，钢铁行业利用废钢 216Mt。利用废钢回炉炼钢的综合能耗仅为大中型企业吨钢能耗的 19%，利用废钢节能 117Mtce。
3、有色金属	提高再生金属产量占比。2019 年，全国再生有色金属产量达 1437 万 t，其中再生铜、铝、铅、锌产量分别为 330、725、237 和 145 万 t，分别占总产量的 33.7%、20.7%、40.9% 和 23.2%。再生铜、铝、铅综合能耗分别为原生金属的 18%、45%和 27%。 2019 年，再生有色金属与生产等量原生金属相比，节电 833 亿 kWh。
4、建筑材料	（1）提高高强度水泥产量占比。高强度水泥是指标号 42.5 及以上的水泥。标号 42.5 是标准试块完全硬化时抗压强度为 42.5MPa 的水泥。2018 年高标号水泥销量占比为 54%。用高标号水泥替代 32.5 号水泥可节省水泥 15%。 （2）推广散装水泥。散装水泥是在出厂前预拌砂浆，用专用车辆直接运到施工现场。1 万 t 水泥散装与袋装相比，可节省制造包装纸袋耗用的优质木材 330m^3，避免纸袋破损和残留损耗 450kg，可节能 237tce。我国水泥散装率 2018 年为 66.9%。 （3）推广新型墙体材料。新型墙体材料主要是利用工业废渣为主要原料生产的烧结制品。与黏土实心砖相比，其生产能耗降低 40%；用于建筑，采暖能耗减少 30%。我国新型墙体材料产量占墙体材料总产量的比重由 2005 年的 44%提高到 2019 年的 77%。2018 年，墙体材料比 2016 年节能 0.48Mtce。 （4）推广低辐射率镀膜玻璃。这种节能玻璃是在玻璃上镀银、铜、锡等金属或其化合物的薄膜，具有良好的阻隔热辐射的保温性能，并反射太阳辐射热，可节能 50%以上。目前欧美国家普及率已达 85%。2018 年我国低辐射率玻璃产能 4.26 亿 m^2。
5、化肥	推广包膜控释肥料。2018 年我国化肥施用量达 5653 万 t，2017 年有效利用率 37.8%，美国 52%，欧洲 68%。包膜控释肥料是根据作物需要和土壤特性制定肥料配方，通过包膜按预定释放模式施肥，可大幅提高肥料养分利用率，节省化肥 15%～25%，并减少污染。2018 年我国包膜控释肥产量 315 万 t，已在 25 个省份的 31 种作物大面积推广，玉米增产 10.4%，马铃薯、葡萄、西瓜等增产 10%～20%，少用尿素 130 万 t。
6、汽车	推广节能汽车。2018 年，销售排量 1.6 升以下的节能汽车 1583.5 万辆，每年可节油 440 万 t。小排量汽车市场占有率已达乘用车的 66.8%。
7、照明器具	推广发光二极管光源（LED）。LED 是一种半导体器件。半导体芯片用作发光材料，当芯片两端加上正向电压时，半导体与电子复合引起光子发射，把电能直接转换成光能。LED 电耗比白炽灯少 80%，比紧凑型荧光灯少 50%，寿命达 5 万小时。近年我国 LED 产业爆发式发展，2019 年 LED 产量达 176 亿只，内销 81 亿只。2018 年，全国用 LED 替代白炽灯，节能 41.67Mtce。
8、房间空调器	推广节能空调。节能空调是指能效标准 1 级和 2 级的高效空调。房间空调器是我国用电最多的家用电器，2017 年全社会拥有量达 6.2 亿台，用电 3337 亿 kWh。2009 年 6 月至 2011 年 6 月，全国财政补贴推广节能空调 5000 多万台，每年可节电 147 亿 kWh。高效空调市场占有率从 5%提高到 70%以上，能效标准 3、4、5 级的空调已全部停产。2017 年，变频空调已占房间空调器销量的 78.7%。与定频空调相比，变频空调可节能 30%。

表 91　　　　　中国调整产业和行业结构节能（2018 年）

1. 产业结构

	能源消费量/Mtce	万元产值能耗/tce
第一产业	89.3	137
第二产业	2832.7	846
第三产业	785.7	184

第二产业万元产值能耗为第三产业的 4.7 倍。 第二产业占比下降一个百分点，节约少用能源 2833 万 tce。

2. 行业结构

	五大高耗能行业能源消费量/Mtce
钢铁	799.0
有色金属	221.6
建材	432.1
炼油炼焦	243.7
化工	490.6
合计	2187.0
制造业总计	2509.0

注：建材行业能源消费量（Mtce）中，水泥 291.5，墙体材料 51.0，建筑陶瓷 61.6，建筑石灰 16.3，平板玻璃 11.7，其他 25.0。
化学工业能源消费量（Mtce）中，乙烯 15.5，合成氨 81.5， 烧碱 29.8，纯碱 8.7，电石 23.8。
高耗能行业能源消费量占比下降一个百分点，节约少用能源 2187 万 tce。

表 92　　　　　中国节能服务产业

2019 年，全国实施合同能源管理的节能服务公司有 6547 家；节能服务产业从业人员 76.1 万人。节能服务产业产值 5222 亿元；合同能源管理投资 1141 亿元，形成节能能力 3801 万 tce。

来源：中国节能协会节能服务产业专业委员会。

表 93　　　　中国政府节能采购

我国“政府采购”是指政府机构，即各级政府机关、事业单位和团体组织使用财政性资金进行的采购活动。耗能产品采购在政府机构开支中占很大比重。政府采购对激励节能产品的生产和销售起很大作用，对节能减排起引导、示范作用。2007 年 7 月，我国建立政府强制采购节能产品制度。节能产品政府采购清单由财政部、国家发展改革委从国家采信的节能产品认证机构认证的节能产品中，根据节能性能、技术水平和市场成熟程度等因素择优确定。节能产品政府采购清单明确规定政府优先采购和强制采购的节能产品类别。目前，列入节能产品政府采购清单的节能产品包括空调、照明、计算机、显示器、打印机、复印机、公务用车等。空调机、照明产品、电视机、电热水器、计算机、显示器、座便器、水嘴等产品为政府强制采购节能产品。2019 年，全国政府采购金额为 33067 亿元，占全国财政支出 10.0%, 占 GDP 3.3%。优先采购节能节水产品 634 亿元，占同类产品的 90.0%；优先采购环保产品 789 亿元，占同类产品的 88.0%。目前，节能产品清单有 54 种产品，5.8 万个型系列；环保标志产品 83 种，近 3.8 万个型系列。

七、能源贸易

表 94　　　中国能源进出口

	2000	2005	2010	2014	2015	2016	2017	2018	2019
原油/Mt									
出口	10.44	8.07	3.04	0.60	2.87	2.94	4.86	2.63	0.88
进口	70.27	127.08	239.31	308.36	335.49	381.04	419.97	461.90	505.72
石油制品/Mt									
出口	10.30	16.88	30.44	33.84	40.92	53.07	52.16	58.64	66.85
进口	24.32	41.45	47.84	46.55	52.63	53.27	60.56	60.19	54.95
天然气/亿 m^3									
出口	31.4	29.7	40.3	25.7	32.0	33.3	34.0	34.0	34.8
进口			164.7	583.5	603.2	736.2	943.6	1250.0	1323.0
煤炭/Mt									
出口	58.84	71.68	19.03	5.74	5.33	8.78	8.17	4.93	6.03
进口	2.02	26.17	164.78	291.22	204.06	255.51	270.90	281.23	299.70

注：1、煤炭进口包括褐煤，2019 年进口褐煤 10259 万 t。

2、2019 年煤炭进口来源（万 t），印度尼西亚 13760，澳大利亚 7696，蒙古国 3621， 俄罗斯 3224，菲律宾 934。五国占总进口量的 97.5%。

3、2019 年进口天然气 1323 亿 m^3，其中管道气 507 亿 m^3，LNG816 亿 m^3。

4、2019 年管道气进口来源，中亚 479 亿 m^3，占总进口量的 94.5%。LNG 进口来源（亿 m^3），澳大利亚 395.8，卡塔尔 111.8。

来源：国家海关总署。

表 95　　中国能源对外依存度

原油

2000 年，中国原油进口量为 70.27Mt，对外依存度为 26.4%。2019 年原油进口量达 505.72Mt，出口 0.88 Mt，净进口量 504.84 Mt，消费量 692.1 Mt，对外依存度达 73.0%。

天然气

2000 年，出口天然气 31.4 亿 m^3。2008 年进口 46.4 亿 m^3，出口 32.5 亿 m^3，净进口 13.9 亿 m^3。2019 年天然气（管输气加液化天然气）进口达 1323 亿 m^3，出口 35 亿 m^3，净进口量 1288 亿 m^3，消费量 3067 亿 m^3，对外依存度达 42.0%。

煤炭

2000 年，中国出口煤炭 58.84Mt，进口仅 2.02 Mt。2009 年进口 129.83 Mt，进口 22.40 Mt，成为煤炭净进口国。近年东南沿海地区进口煤价低于国产煤，进口量激增，2019 年达 299.70 Mt，出口 6.03 Mt，净进口量达 293.7 Mt。消费量 3939 Mt，对外依存度为 7.5%。

解析。依赖中东石油的风险

我国原油进口量和对外依存度剧升。进口量从 2000 年的 70.3Mt 增至 2019 年的 505.7Mt，对外依存度从 26.4%升至 73.0%，从中东地区进口量由 112.8Mt 增至 226.6Mt，占原油进口量的 44.8%。中国已经成为对中东石油依赖最大的国家，这种格局将会持续较长时间。

原油对外依存度飙升，意味着更大的供应风险，价格风险，以及地缘政治风险和外交风险。

世界银行指出，国际原油价格上涨 10 美元/桶，并持续一年，发展中国家 GDP 增长率会下降 0.75 个百分点。中东和北非政局动荡难以平息，导致一些国家石油产量、价格和出口变幻莫测。如 2016 年初伊朗解除制裁后，原油对中国出口量从 2015 年的 26.6Mt 增至 2017 年的 31.2Mt。

我国从中东和非洲进口的原油的海运，油轮要经过亚丁湾索马里附近海域和马六甲海峡。索马里海盗对我国航运构成严重威胁，商船多次遇袭。2008 年，我国派护航编队赴亚丁湾索马里海域护航。2017 年 8 月，我国建在吉布提的首个海外军事基地启用。吉布提位于亚丁湾。2008 ~ 2019 年，护航编队共解救中外商船 70 多艘，驱赶疑似海盗船只约 3000 艘。马六甲海峡和中缅油气管道也遭遇袭击威胁。中巴（巴基斯坦）油气管线已发生袭击事件。

表 96　　　　　　　　　　中国原油进口来源　　　　　　　　　单位：万 t

	2010	2015	2016	2017	2018	2019
前 10 来源国						
1、沙特阿拉伯	4463.0	5054.2	5100.3	5218.4	5673.3	8332
2、俄罗斯	1524.5	4243.2	5247.9	5979.6	7149.4	7764
3、伊拉克	1123.8	3211.4	3621.6	3686.5	4505.3	5180
4、安哥拉	3938.2	3871.8	4375.2	5043.0	4738.5	4932
5、巴西	804.8	1391.8	1914.0	2308.3	3162.3	4017
6、阿曼	1586.8	3206.4	3506.9	3101.0	3297.1	3489
7、科威特	983.4	1442.8	1634.0	1824.5	2321.2	2276
8、伊朗	2132.0	2661.6	3129.8	3115.0	2927.4	1477
9、刚果	504.8	586.2	694.3	888.5	1257.9	1163
10、委内瑞拉	755.0	1600.9	2015.7	2177.0	1663.2	1138
总进口量	23931.1	33549.1	38103.8	41996.7	46190.1	50572
从中东进口量	11275.6	17016.0	18299.3	18219.6	20458.9	22656
占总进口量比重/%	47.1	50.7	48.0	43.4	44.3	44.8

注：中东地区包括沙特阿拉伯、伊朗、伊拉克、科威特、阿曼、卡塔尔和阿联酋。
来源：国家海关总署。

表 97　　　　　　　　　　中国石油进出口金额　　　　　　　　　单位：亿美元

	2010	2015	2016	2017	2018	2019
原油						
进口	1353.1	1341.5	1166.6	1623.3	2402.6	2513.1
占比	9.59	1.28	7.34	8.82	11.29	13.44
出口	16.4	15.5	9.4	18.2	12.7	3.95
占比	0.11	0.01	0.04	0.08	0.05	—
成品油						
进口	224.7	143.5	111.2	144.9	201.8	170.8
占比	1.59	0.14	0.7	0.79	0.01	0.01
出口	170.3	191.0	193.1	254.0	214.8	384.0
占比	1.11	0.01	0.09	0.01	0.01	0.02

注：占比为占全国进出口总额的比重。
来源：国家海关总署。

表 98　　世界石油贸易　　单位：Mt

	原油进口	石油制品进口	原油出口	石油制品出口
美国	338.4	109.9	137.7	251.1
加拿大	32.9	32.5	197.0	34.7
墨西哥	0.1	60.9	58.1	4.8
中南美	21.3	110.2	146.2	23.3
欧洲	522.5	209.2	26.7	125.4
俄罗斯	0.5	9.4	286.1	164.6
其他独联体国家	18.5	5.6	91.5	20.4
伊拉克	*	4.5	200.8	11.0
科威特	*	0.8	99.2	25.4
沙特阿拉伯	0.1	11.4	358.4	57.4
阿联酋	12.3	34.9	139.4	77.0
中东其他国家	27.8	17.8	125.2	62.1
北非	6.4	37.6	93.4	26.1
西非	0.4	38.5	219.0	7.7
东南非	19.6	39.0	5.5	3.0
澳大利亚	22.9	32.2	13.0	5.5
中国	507.2	78.4	0.4	66.9
印度	221.7	44.4	0.1	60.7
日本	146.9	39.7	*	19.3
新加坡	49.6	112.4	1.9	86.1
其他亚太国家	290.4	212.7	39.2	109.3
世界	2239.0	1241.9	2239.0	1241.9

* 小于 0.05
来源：BP Statistical Review of World Energy, June, 2020

表 99　　　　　　　　　　世界煤炭贸易　　　　　　　　　　单位：Mt

	2015	2016	2017	2018	2019
出口					
印度尼西亚	368.0	372.0	390.6	429.1	448
澳大利亚	392.3	389.3	378.9	383.0	393
俄罗斯	155.7	171.1	189.7	191.0	189
美国	67.1	54.7	88.0	104.9	78
哥伦比亚	72.8	83.3	86.1	86.9	71
南非	75.8	69.9	71.0	77.9	78
蒙古	14.7	24.1	33.4	36.3	28
加拿大	30.5	30.3	31.1	33.7	28
哈萨克斯坦	31.2	26.0	27.1		25
世界	1305.0	1326.9	1370.3	1433.0	1352
进口					
中国	204.1	255.6	271.1	281.2	299.7
印度	212.1	193.6	208.3	227.4	249.0
日本	189.3	186.0	187.5	191.2	187.0
韩国	134.0	134.5	148.2	148.7	141.0
中国台湾	64.8	65.6	67.6	69.9	67.7
德国	54.5	57.8	51.4	44.5	40.2
土耳其	25.5	27.2	31.5	34.0	37.3
马来西亚	24.1	24.0	29.0	34.0	35.0
世界	1305.4	1318.3	1386.9	1446.9	1339

来源：IEA, Coal Information, 2020。

表 100 **世界天然气贸易** **单位：10 亿 m^3**

	管道气进口	LNG 进口	管道气出口	LNG 出口
美国	73.3	1.5	75.4	47.5
加拿大	24.6	0.5	73.2	—
墨西哥	50.8	6.6	0.1	—
特立尼达和多巴哥	—	—	—	17.0
中南美其他地区	0.7	9.9	11.0	3.7
法国	37.2	22.9	—	1.0
德国	109.6	—	7.1	—
意大利	54.1	13.5	—	—
荷兰	40.0	—	38.2	—
挪威	—	—	109.1	6.6
西班牙	16.0	21.9	—	—
土耳其	31.3	12.9	—	—
英国	33.2	18.0	—	—
欧洲其他国家	13.0	—	90.5	2.0
俄罗斯	26.8	—	217.2	39.4
独联体其他国家	5.9	—	81.4	
卡塔尔			21.5	107.1
中东其他国家	8.3	2.8	0.1	128.8
阿尔及利亚			26.7	16.6
非洲其他国家	5.5	5.4	6.0	5.5
澳大利亚	5.2	—	—	104.7
中国	47.7	84.8	—	—
印度	—	32.9	—	—
日本	—	105.5	—	—
印度尼西亚	—	—	7.4	16.5
韩国	—	55.6	—	—
亚太其他国家	68.7	5.7	6.5	0.5
世界	801.5	485.1	801.5	485.1

来源：BP Statistical Review of World Energy, June, 2020。

表 101　　中国主要高耗能产品进出口量

	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019
进口								
钢材/万 t	1596	2582	1643	1278	1322	1330	1317	1230
铜及铜合金/万 t	81	142	338	425	439	411	475	448
铝及铝合金/万 t	91	64	36	22	26	19	20	29
肥料/万 t	1189	1397	718	1116	832	918	950	1111
纸浆/万 t	335	759	1137	1984	2107	2372	2479	2718
纺织用合成纤维/万 t	100	84	37	34	32	40	45	42
出口								
水泥/万 t	605	2216	1616	1575	1785	1286	904	553
平板玻璃/万 m^2	5592	19925	17398	21460	22661	21032	19347	
钢材/万 t	621	2052	4256	11240	10853	7541	6933	6429
铜材/万 t	14	46	51	47	51	48	51	52
铝材/万 t	13	71	218	420	407	424	523	515
锌及锌合金/万 t	59	15	4	9.7	2.3	1.6	2.4	6.4
纸及纸板/万 t	65	167	380	590	683	652	565	629

来源：国家统计局。

八、能源价格

表 102　　中国能源价格指数

	燃料零售价	企业燃料电力购进价	出厂价			
			煤炭	石油和天然气	电力	燃气
2000	117.7	115.4	98.1	144.3	102.4	
2001	102.4	100.2	106.5	99.1	102.3	
2002	102.0	100.1	111.6	95.2	100.8	
2003	109.3	107.4	103.8	119.1	100.9	
2004	112.4	109.7	116.8	119.6	102.4	
2005	115.4	115.0	123.2	129.9	104.2	104.0
2006	112.4	111.9	105.0	122.0	102.8	106.8
2007	104.2	104.3	103.8	102.0	102.2	104.8
2008	116.0	120.6	128.7	122.1	101.9	105.9
2009	92.7	89.2	101.9	66.0	102.4	100.5
2010	112.3	116.3	110.0	137.8	102.0	105.4
2011	111.1	110.8	110.2	124.5	101.6	109.4
2012	102.9	100.9	97.0	99.6	103.7	102.0
2014	99.2	97.1	89.0	96.8	100.2	103.5
2015	87.7	88.7	85.3	65.1	98.7	97.0
2016	97.0	95.6	98.3	83.6	96.9	90.4
2017	108.9	113.0	128.2	129.0	99.3	102.1
2018	109.7	107.1	104.6	124.3	99.0	104.0
2019	97.0	98.2	100.8	96.4	99.1	103.1

来源：国家统计局。

解析。

价格是市场经济的基本要素。它为企业和消费者提供经济信号，调节资源配置和供需关系。美国制订国家能源战略的一项基本原则，是让市场决定能源供应的价格、数量和技术选择。市场经济国家的能源预测，都把价格当作关键变量。

能源价格上升，会使需求减少。若原油价格上涨 1 倍，中国石油消费量当年会减少 3%（IEA）。油价上升会使原先开采不经济的储量变得经济可采，会促进可再生能源开发利用。还会激励新技术的研发和应用。美国 1980 年汽油价格比 1970 年上升 60%， 新汽车燃料效率提高 85%。能源价格下降则会使需求增加，有利于石油进口国的经济增长。据世界银行测算，油价下降 30%，将拉动世界经济增长 0.5%。中国 2014 年进口原油 308.4Mt，比 2013 年的 282.1Mt 多 26.3 Mt，进口价格从 2013 年的 778 美元/t 降至 2014 年的 740 美元/t，下降 38 美元/t，节省 115 亿美元。

我国原油和成品油价格已与国际市场接轨。政府给石油公司巨额亏损补贴，2015 年达 98 亿元，其中中石油 48 亿元，中石化 50 亿元。为减轻国际油价波动对国内市场的影响，2016 年设定成品油调控下限。

煤炭价格有合同价和市场价两类。煤炭企业与用户签订的供销合同由政府定价，合同价远低于市场价。2018 年，市场煤仅占煤炭供应量的 25%，合同煤占 75%。5500kcal/kg 动力煤合同价 559 元/t，比市场价 709 元/t 少 150 元/t。2019 年合同煤价 555 元/t。

天然气由政府定价，2018 年开始气价市场化改革，LNG 实行竞价交易，管道气居民与非居民门站价并轨。LNG 以及页岩气、煤层气、煤制气由市场定价。

需要指出的是，迄今为止，国内能源预测和规划，只讲实物量，不考虑价格因素，不计成本效益。这会导致决策失误，增长质量低，效益差。

表 103　　　　中国能源价格

	2017	2018	2019
5500kcal/kg 动力煤/元/t	536	528.6	556
92 号汽油/元/升	6.37	6.42	6.78
民用管道天然气/元/m^3	1.34	1.62	1.80
民用电/元/kWh	0.53	0.56	0.57

注：发电用动力煤为 6 月价格。

表 104　　　　　　　　中国省份能源价格（2017 年）

	发电用动力煤价/（元/t）	92 号汽油零售价/(元/升）	民用天然气用户价/（元/m³）	民用电价/(元/千千瓦时）
全国	536	6.37	2.44	511
北京	487	6.86	2.28	488
天津	541	6.83	2.40	490
河北	508	6.83	2.40	515
山西	390	6.79	2.26	477
内蒙古	267	6.77	1.82	450
辽宁	559	6.81	2.45	500
吉林	558	6.80	2.80	525
黑龙江	510	6.82	2.80	510
上海	634	6.80	3.00	637
江苏	619	6.81	2.50	528
浙江	595	6.81	3.10	548
安徽	626	6.80	2.40	565
福建	655	6.81	2.86	498
江西	736	6.80	3.20	600
山东	616	6.82	3.00	547
河南	605	6.84	2.25	540
湖北	646	6.85	2.53	554
湖南	492	6.79	2.45	588
广东	641	6.86	3.45	592
广西	751	6.90	3.22	528
海南	606	7.95	3.15	608
重庆	612	6.91	1.72	520
四川	652	6.87	1.89	522
贵州	516	6.96	3.05	456
云南	487	6.98	3.31	360
西藏		7.77	1.20	
陕西	454	6.73	1.98	498
甘肃	480	6.73	1.70	510
青海	537	6.79	1.60	377
宁夏	400	6.75	1.63	449
新疆	256	6.73	1.37	390

来源：国家发改委价格监测中心。

表 105　　国际市场能源价格

	布伦特原油/美元/桶	日本进口 LNG/美元/Mbtu	中国进口煤/美元/t
2010	61.67	10.91	120.56
2015	52.39	16.01	59.30
2016	43.73	6.94	59.30
2017	54.19	8.10	83.57
2018	71.31	10.05	87.49
2019	70.00	10.00	53.56

注：1、布伦特原油（Brent oil）产于北大西洋北海布伦特海上油田，是国际市场油价标杆。
　　2、中国是世界最大天然气进口国，2019 年进口 825 亿 m^3 。
　　3、中国是世界最大煤炭进口国，2019 年进口 299.67Mt 。
来源：中国国国家统计局；BP Statistical Review of World Energy；中国国家海关总署；日本能源经济研究所。

表 106　　国际市场原油现货价格　　单位：美元/桶

	迪拜	布伦特	尼日利亚福卡多斯	美国西得克萨斯中间原油（MTI）
1982	31.80	32.97	33.29	33.65
1990	20.45	23.73	23.85	26.50
2000	26.20	28.50	28.42	30.33
2010	78.06	61.67	63.35	61.92
2011	106.18	79.50	81.05	79.45
2012	109.08	111.26	113.65	95.04
2013	105.47	111.67	114.21	94.13
2014	97.07	108.66	111.95	97.99
2015	51.20	52.39	54.41	48.71
2016	41.19	43.73	44.54	43.34
2017	53.13	54.19	54.31	50.79
2018	69.51	71.31	72.47	65.20
2019	63.43	64.21	64.95	57.03

来源：BP Statistical Review of World Energy, June, 2020。

表 107　　各国汽油零售价（2019 年 9 月 16 日）　　单位：美元/升

委内瑞拉	0.03	美国	0.79	法国	1.70
土库曼斯坦	0.46	澳大利亚	1.01	英国	1.77
卡拉尔	0.55	中国	1.03	意大利	1.78
沙特阿拉伯	0.60	日本	1.32	荷兰	1.85
阿联酋	0.60	印度	1.45	挪威	1.92
伊拉克	0.64	加拿大	1.55	中国香港	2.27
俄罗斯	0.73	德国	1.55		

表 108　　国际市场煤价　　单位：美元/t

	西北欧标价	美国中阿巴拉契亚现货价	日本进口动力煤到岸价	中国秦皇岛现货价
2000	35.99	29.90	—	27.52
2005	60.51	70.12	64.62	51.34
2010	92.50	67.87	108.47	110.08
2011	121.52	84.75	126.13	127.27
2012	92.50	67.28	100.30	111.89
2013	81.69	69.72	90.07	95.42
2014	75.38	67.08	76.13	84.12
2015	56.64	51.57	60.10	67.53
2016	60.69	51.45	71.66	71.35
2017	84.51	63.83	96.02	94.72
2018	91.83	72.84	112.73	99.45
2019	60.86	57.18	77.63	85.89

来源：同表 101。

表 109　　　　中国煤炭价格链（5500kcal/kg 动力煤）　　　　单位：元/t

	2016 年 6 月	2017 年 6 月	2018 年 6 月	2019 年 6 月
山西大同出矿价	400	440	470	360
秦皇岛港大同煤平仓价	560	610	670	575
广州港市场价	630	685	795	630
广州港进口煤市场价	600	615	745	605

注：广州港进口煤 2016、2017 为澳大利亚煤，2018、2019 为印尼煤。

表 110　　　　国际市场天然气价格　　　　单位：美元/百万英热单位

	LNG 日本进口到岸价	天然气			OECD 原油
		德国平均进口价	美国亨利港	加拿大阿尔伯塔	
2000	4.72	2.91	4.23	3.75	4.83
2010	10.91	8.03	4.39	3.69	13.47
2011	14.73	8.03	4.01	3.47	18.55
2012	16.75	10.93	2.76	2.27	18.82
2013	16.17	10.73	3.71	2.93	18.25
2014	16.33	9.11	4.35	3.87	16.80
2015	16.31	6.72	2.60	2.01	8.77
2016	6.94	4.93	2.46	1.55	7.04
2017	8.10	5.62	2.96	1.60	8.97
2018	10.05	6.62	3.13	1.12	11.69
2019	9.94	5.25	2.53	1.27	10.82

注：100 万英热单位=28m^3 天然气

九、能源科技

表 111　　全球能源和耗能产品生产企业研发投入排行（2018 年）　　单位：亿欧元

1	三星电子	134	43	爱立信	33
3	大众汽车	131	46	空客	30
4	微软	123	48	雷诺	30
5	华为	113	50	标致雪铁龙	29
6	英特尔	109	51	阿里巴巴	29
7	苹果	97	53	LG 电子	26
10	戴姆勒	87	54	塔塔汽车	25
12	丰田汽车	79	55	日立	25
14	福特汽车	67	59	鸿海精密	23
15	脸书	65	60	台积电	23
17	宝马	61	61	腾讯	22
19	博世	59	72	中兴	18
20	西门子	55	73	现代汽车	18
22	本田	54	76	沃尔沃	18
24	甲骨文	51	79	飞利浦	17
25	思科	51	81	百度	17
27	诺基亚	49	83	联发科	16
28	高通	46	85	卡特彼勒	16
31	菲亚特克莱斯勒	43	86	中国建筑	16
32	IBM	43	88	中石油	16
34	通用电气	40	89	三菱电机	16
35	戴尔	40	91	霍尼韦尔	15
36	松下	37	99	中国铁路总公司	14
37	日产汽车	37			
39	索尼	34			

注：1 欧元=1.461 美元
来源：欧盟委员会 2018 年 12 月 25 日发布

表 112　　中国能源和高耗能行业企业研究开发经费　　单位：亿元

	2010	2015	2016	2017	2018	2019
全国工业企业总计	4015.4	10013.9	10944.7	12013.0	12459.8	13971.1
煤炭开采和洗选	108.7	143.3	132.1	148.9	146.5	109.2
石油和天然气开采	88.1	62.5	63.9	57.3	89.3	93.8
石油加工、炼焦和核燃料加工	43.8	100.8	119.6	146.6	145.4	184.7
电力、热力生产和供应	31.9	81.4	81.6	85.8	96.9	113.0
钢铁	402.1	561.2	537.7	638.7	706.9	686.3
有色金属	118.9	371.5	406.8	461.6	442.5	479.8
建材	81.3	277.6	323.1	362.8	415.9	520.1
化工	247.5	794.4	840.7	912.5	899.9	923.4
化学纤维	41.0	78.5	83.8	106.1	112.1	123.7
食品、饮料、烟草	98.8	246.2	274.8	267.7	298.4	294.2
纺织、服装	101.2	297.8	236.9	343.7	358.4	371.5
造纸和纸制品	36.7	107.6	122.8	144.6	167.8	152.7
交通运输设备制造	582.2	1340.1	1348.3	1593.4	1712.9	1718.7
电气机械及器材制造	425.1	1012.7	1102.4	1242.4	1320.1	1406.2
通信设备、计算机及其他电子设备制造	686.3	1611.7	1811.0	2002.8	2279.9	2448.1
通用设备和专用设备制造	472.2	1199.7	1242.8	1333.7	1461.4	1599.6

注：2010 年为大中型企业，2011～2019 年为规模以上企业。
来源：国家统计局。

表 113　　美国能源部研究开发经费　　单位：百万美元

	2017 年度预算	2018 年度拨款	2019 年度申请
能源项目			
能源效率和可再生能源	2034.6	2040.2	695.6
能源供应和能源可靠性	229.6	228.0	—
核能	1015.8	1008.9	757.1
化石能源			
化石能源研究开发	421.2	425.1	502.1
海军石油和油页岩储备	12.0	14.8	10.0
战略石油储备	222.6	221.5	175.1
东北家庭采暖用油储备	6.5	6.5	10.0
合计	662.3	667.9	697.2
铀浓缩研究和放射性污染清除基金	767.9	763.1	752.7
核废料处置	0	0	90.0
能源信息署	122.0	121.2	115.0
非防务环境净化	246.8	245.3	218.4
科学	5391.0	5354.4	5391.0
先进研究计划署—能源	305.2	303.2	—
能源部机关	120.7	120.0	139.5
监察长办公室	44.4	44.1	51.3
创新技术贷款担保	0.1	16.7	7.0
先进技术汽车制造贷款	3.9	5.0	1.0
总计	10953.3	10927.0	9064.5

注：科学项目包括基础科学、高能物理、生物和环境研究、核物理、超级计算机、聚变能研究、其他。
来源：Department of Energy, Budget by Appropriation 2019。

表 114　　　　　　　　　　中国领先世界的能源技术

1、高速铁路

2019 年，全国高速铁路运营里程达 3.5 万 km，占世界的 70%。中国是世界上高铁唯一成网运行的国家，高铁促使中国城市化进程加速。

2、超超临界燃煤发电

2019 年，全国百万千瓦燃煤超超临界机组有 111 台在运行，超过其他国家的总和。引领世界火电技术发展方向。供电煤耗比全国火电机组平均值低 26gce/kWh。

3、特高压输电

2019 年，全国已建成 10 条 1000kV 交流输电线路，总长 9015km；± 800kV 直流输电线路，总长 22181km；一条 ± 1000kV 线路，长 3239km；合计 28798km。特高压线路总长 38713km。2018 年建成的准东-皖南 ± 1100kV 线路，长 3324km，输送能力 660 亿 kWh，是世界电压等级最高、输送量最大、距离最大、技术水平最高的输电工程。

4、可再生能源发电

2019 年，全国水电、风电、光伏发电装机容量分别达 356、246 和 217GW，合计 819GW。远超美国的 265GW。

5、工业机器人

中国是工业机器人全球最大市场。2019 年销量 17.48 万台，保有量 82 万台。

6、新能源乘用车

2019 年，全国新能车销量超过 120.8 万辆，其中纯电动车 84.4 万辆，混合动力车 36.4 万辆。保有量 381 万辆，其中纯电动车 310 万辆，混合动力车 71 万辆。

7、超级计算机

2019 年 11 月，国际 TOP500 组织发布世界超级计算机排名，中国 227 台，占全球 TOP500 的 45.4%；美国 118 台，占 23.6%。

8、电子商务

2019 年，全国电子商务交易额达 34.81 万亿元，占零售总额的 36.6%，美国占 16%。

9、移动支付

2019 年，全国移动支付（即手机支付）347.11 万亿元，2018 年为为 277.4 万亿元。

表 115　　　　应用低碳技术全球领先国家

1、智能采煤	中国，2019 年已有 15 个矿区应用，智能化无人采煤工作面 200 多个。
2、超超临界发电	中国，2019 年有 111 台百万千瓦超超临界燃煤机组在运行。
3、特高压输电	中国，2019 年已建成 10 条 1000kV 线路，9015km；16 条±800kV 线路，29698km，合计 38713km。
4、智能制造	德国，世界最先进的智能工厂西门子安贝格工厂，按用户需要预定生产工艺和生产线，所有工序自动控制完成。
5、高速铁路	中国，2019 年已建成 3.5 万 km，占世界的 2/3。世界商业运营最快的复兴号动车组，时速 350km，2018 年 4 月 10 日在京沪线运行，全程 1318km，仅需 4 小时 28 分。
6、新能源汽车	中国，2019 年销售纯电动汽车销量 84.4 万辆；混合动力汽车销量 36.4 万辆，合计 120.8 万辆，超过美国的 32.8 万辆。2019 年，电动汽车保有量 381 万辆，远超美国的 145 万辆。
7、智能交通	美国，2018 年普及率超过 80%，交通事故减少 15%，汽车尾气排放可减少 10%。
8、被动房	中国，2018 年已建在建 560 万 m^2。与不采取节能措施的住宅相比，节能 90%。
9、可再生能源	中国，2019 年水电、风电和光伏发电装机容量 819GW，为美国的 3.1 倍。
10、物联网	中国，2019 年市场规模 1.4 万亿元。
11、互联网	中国，2020 年 3 月网民 9.04 亿，超过欧美国家总和，其中手机网民 8.97 亿。
12、电子商务	中国，2019 年交易额 34.81 万亿元，占全球的 40%以上。
13、移动支付	中国，2019 年移动支付（即手机支付）347.11 万亿元。2016 年 157.6 万亿元，为美国的 50 倍。
14、工业机器人	新加坡，2018 年每万工人 831 台，中国 140 台。
15、人工智能	美国，人工智能企业 2169 家，中国 1189 家。
16、3D 打印	美国，2019 年 3D 打印开支 54 亿美元，中国 19 亿美元。
17、超级计算机	中国，2019 年中国拥有 219 台，美国 116 台。
18、云计算	美国，2019 年市场规模 1092 亿美元，中国 193 亿美元。
19、大数据	美国，2019 年大数据总体收益 980 亿美元，中国 96 亿美元。
20、5G 通信	中国，第 5 代移动通信，2020 年已建成 72 万座基站，占全球 70%，终端用户 2 亿，仍在初级阶段。

表 116　　　　　　中国零碳技术应用范例

零碳技术是使用不排放 CO_2 的能源和碳中和的技术。

2019 年中国可再生能源开发利用量达 711.8Mtce。其中水电 13044kWh，风电 3577 亿 kWh，光伏发电 2243 亿 kWh，生物质发电 1111 亿 kWh，地源热泵和地热采暖 63.8Mtce；太阳能热水器 4.72 亿㎡，56.6Mtce；农村沼气 198 亿 m³，14.1Mtce。2019 年，用于建筑的太阳能热水器、光伏发电、地源热泵和地热采暖、农村沼气 136.7Mtce。

零碳技术的应用。

1、零碳工厂

苏州欧莱雅化妆品尚美零碳工厂。2019 年建成风电和光伏发电，以及餐厨、园林垃圾沼气冷热电三联供系统，蒸汽用来加热工艺软化水，实现碳中和，CO_2 零排放。

2、零碳交通

2019 年，北京世界园艺博览会采用 30 辆氢燃料电池客车接送游客。实现零碳排放。

3、零碳建筑

天津中新生态城公屋展示中心。建筑面积 3467 ㎡，用能全部来自可再生能源，包括屋顶光伏发电，风力发电，地源热泵，生物质能。2015 年实现零碳排放

4、零碳社区

青岛奥帆中心零碳社区。2020 年 7 月 30 日动工建设。包括光伏发电，风力发电，海水和污水源热泵，太阳热能以及燃气和工业余热利用。多能互补，实现零碳排放。

5、零碳县

湖南长沙县，位列全国百强县第 5 名。2014 年开始建设零碳县，种植陆地和水域速生丰产草本植物，捕集并封存化石燃料燃烧产生的 CO_2，制成生物成型燃料，可用作燃料、建材原料。速生草吸收 CO_2 的效率非常高。两三个月可长四五米高，一年能长五六季。一亩速生草一年能吸收和固化 14 吨 CO_2，而普通森林只有 1 吨左右。目前，正在建设的重点工程有：碳汇基地，零碳机关、企业、学校、社区、乡村、零碳体验馆等。

表 117　　中国能效和节能技术进步

	2000	2010	2019	备注
农业				
控释肥产量/万 t	0.5	80	315	节肥节能 15%~20%。315 为 2018 年。中国化工信息中心。
节水灌溉面积/万 ha	1639	2731	3427	喷灌比漫灌节水 50%，滴灌比喷灌节水 10%~20%。水利部。
工业				
火力发电煤耗/gce/kWh	363	312	289	国家统计局。钢综合能耗中的电耗按发电耗煤折算标准煤。
钢综合能耗/kgce/t	1475	950	850	
交通运输				
公路周转量能耗/kgce/万换算 t-km	548	496	474	交通运输部
铁路电气化率/%	21.7	46.6	71.9	电力机车单位工作量能耗比内燃机车少 60%。
建筑				
北方城镇采暖能耗/kgce/㎡	23.0	16.6	14.4	23.0 为 2001 年，14.4 为 2018 年。
可再生能源利用量/Mtce	4.7	37.7	136.7	2019 年利用量，太阳能热水器 4.72 亿㎡（集热面积），56.6Mtce；光伏发电 7550GWh，2.2Mtce；地源热泵和地热采暖 63.8Mtce；农村沼气 198 亿 m^3，14.1Mtce。住房和城乡建设部，中国农村能源行业协会，清华大学建筑节能研究中心。

表 118　　　　　　中国工业低碳技术应用领先企业

1、清洁能源发电

国家能源集团。2019 年，清洁能源发电装机容量 12445 万 kW，居世界首位。在运机组 100%超低排放。

2、粗钢

江苏沙钢集团。中国最大电炉钢生产企业。2019 年产钢 4110 万 t，吨钢综合能耗 566kgce，全国领先。转炉负能炼钢，能耗 -30.8kgce/t。

3、电解铝

云南铝业公司。利用水电炼铝，产能 80Mt，吨铝代煤 4.83t，节能 27.6Mtce，减排 CO2 65.2Mt。

4、水泥

海螺水泥集团。2019 年水泥销量全球第一，达 2.98 亿 t。海螺文山公司产品耗能 94.1kgce/t，达到国际先进水平。海螺铜陵公司 2010 年全球率先建成水泥窑协同处理垃圾和危废项目，2018 年生产水泥 865 万 t，处理垃圾 300 万 t，危废 135 万 t。

5、乙烯

中石化茂名分公司。2019 年产品能耗 497.9kgce/t，达到世界先进水平。

6、炼油－化工一体化

大连恒力公司。2020 年建成。炼油能力 2000 万 t，乙烯收率 48%，全国最高。产品能耗降低 15%。

7、包膜控释肥料

金正大公司。　全球最大控释肥生产企业。2016 年产量 170 万 t，占全国的 60%。2019 年，施用金正大控释肥，种植成本降低 10%，粮食增产 10%以上。

8、电石

新疆中泰矿冶公司。2019 年产品综合能耗 778kgce/t，相当于国家限值 1.2tce/t 的 65%。

9、林纸一体化

四川永丰纸浆公司。利用林业废弃物节能。2019 年干产品能耗 360kgce/t，为国家清洁生产标准 650kgce/t 的 55%。

10、发光二极管光源（LED）

浙江阳光照明电器公司。2019 年 LED 销量 3.95 亿只。LED 电耗比白炽灯少 80%。2019 年替代白炽灯节电 112 亿 kWh。

表 119　　　　　　　　　　　　中国洁净煤技术（2019 年）

1、选煤	节煤 10%以上。2019 年入洗率 73.2%，洗选 2820Mt，节煤 300Mt，折 214Mtce。
2、型煤	工业型煤节煤 15%，民用型煤节煤 25%。2019 年节煤 47Mt，折 34Mtce。
3、水煤浆	2019 年用量 230Mt。其中工业锅炉 30Mt，节能率 20%，节煤 4Mt；200Mt 气化后用于窑炉，节能率 15%，节煤 67Mt，合计 71Mt。
4、工业锅炉	2019 年燃煤工业锅炉节煤 79.2Mtce。 节煤途径：1.天然气、生物质等替代；2.热电联产，区域锅炉房集中供热；3.提高锅炉技术水平；4.煤炭洗选，提高煤质。
5、超超临界煤电	2019 年，百万千瓦机组有 111 台运行，供电煤耗比行业平均值少 24gce/kWh，节煤 11.4Mtce。
6、循环流化床锅炉	2019 年容量 130GW。比常规锅炉节煤 10%，节煤 13.0Mtce。
7、煤矸石发电	2019 年装机容量 74GW，发电 3430kWh，节煤 98.8Mtce。
2019 年，洁净煤技术节煤 501.4Mtce，减排 CO_2 1358.8Mt。	

表 120　　　　　　中、美煤炭工业主要指标比较（2018 年）

	中国	美国
原煤产量/Mt	3683	797
煤炭出口量/Mt	4.93	109.4
煤炭进口量/Mt	281.23	5.44
煤炭消费量/Mt	3839	624.1
发电用煤占比/%	49.1	92.6
露天矿产量比重/%	16.3	65.0
矿井平均开采深度/m	510	90
煤炭平均出矿价/美元/t	66.1	38.5
生产煤矿数/个	5800	978
煤炭工业职工数/万人	350	7.4
原煤生产效率/t/人/年	1052	10784
煤矿职工平均工资/美元	11088	84080
煤矿事故死亡人数/人	333	15*
煤矿事故死亡率/人/Mt	0.090	0.019*

注：1、美国商品煤占原煤的 86%。
　　2、*为 2017
来源：国家统计局；中国煤炭工业协会；DOE/EIA；National Mining Association。

十、能源与环境

表 121　　　　　　　　　　中国的环境污染和生态破坏

1.环境污染和碳排放

1.1 大气污染

中国大气污染严重，近年虽明显好转，但 2019 年全国 PM2.5 平均浓度仍达 36 微克/m^3, 为中国国家标准的 1.1 倍，为世界卫生组织安全标准 10 微克/m^3 的 3.6 倍。北京 2015 年 11 月 4 日至 7 日，PM2.5 局地浓度超过 900 微克 /m^3，为世界卫生组织日均安全浓度的 36 倍。

据 2013 年 3 月 31 日发布的《2010 全球疾病负担报告》（50 个国家近 500 名科学家共同参与完成），2010年中国室外空气颗粒物（主要是PM2.5）污染导致120万人死亡。北京肺癌发病率从2003年的45/10万上升到2016年的70/10万。空气污染是主要致病因素。预计到2030年，全国PM2.5年均浓度可达国家标准，达到国际标准则遥遥无期。

此外，大气中 NOx 形成光化学烟雾（臭氧约占 90%）污染也已成为一个严重的环境问题。光化学烟雾会使肺功能受损，刺激眼、鼻、喉，导致头痛、恶心，也是城市能见度下降的主要原因。2017 年 5 月，京津冀大气中臭氧浓度超标，出现光化学烟雾。

1.2 室内空气污染

世界银行认为，居民家庭燃烧固体燃料（煤和柴草）造成的室内空气污染对健康的损害，是中国能源环境的首要问题。据世界卫生组织调查，2012 年，全球室内空气污染导致的死亡人数达 430 万，为室外空气污染导致死亡人数的 1.6 倍。

2019 年，我国有 1.1 亿居民的采暖、热水和烹调使用煤炭 2.9 亿 t，1.6 亿人使用薪柴和秸秆 0.9 亿 tce。

传统煤炉热效率 20% ~ 25%，节煤炉灶 40%；传统烧柴炉灶热效率仅 15%，省柴灶 30%，仍是很低的。固体燃料低效燃烧，排放大量污染物，包括碳氢化合物，多环芳烃，硫氧化物，氟化物，金属和非金属氧化物，悬浮颗粒物等。这些污染物会导致呼吸系统疾病、肺癌、心血管疾病、砷中毒等病症。据世界卫生组织调查，河北、吉林农村室内燃煤排放的颗粒物浓度达 1900 ~ 2500mg/m^3。云南宣威肺癌高发区，烧烟煤的农村居民家庭室内空气中的苯并芘浓度高达 6.26μg/m^3，为卫生标准的 2000 倍。

中国居民使用固体燃料造成的室内空气污染，导致呼吸系统疾病高发病率和高死亡率。2019 年，全国农村呼吸系统疾病死亡率高达 77.67 人/10 万人，城镇 68.20 人/10 万人。按城乡人口计算，共计死亡 100.4 万人，其中城镇 56.4 万人，农村 43.8 万人。（2020 中国统计年鉴，717 ~ 718 页）

1.3 水污染

据环保部调查，目前全国 70%的江河湖泊被污染，75%的湖泊出现不同程度的富营养化。富营养化是排入水中的含氮、磷污水产生的蓝藻死亡后的分解过程中，消耗水中的氧，并产生硫化氢等有害气体，使水质恶化，会导致鱼类死亡，不能饮用。长江南京以下江段盛产的鲥鱼、刀鱼比 1970 年代减少 80%以上。中华鲟等珍稀鱼类濒临灭绝。

90%流经城市的河段受到严重污染。近 60%的地下水水源水质差，其中 16.8%极差。

2019 年，全国排放化学需氧量（COD）1962 万 t。COD 主要反映水体受有机物污染的程度。2019 年 COD 排放量相当于全国水环境承受力的 3 倍，污染十分严重。

2018 年，全国近 2 亿居民使用不安全饮用水。

1.4 土壤污染

我国耕地质量严重恶化。据自然资源部调查，东北地区耕地有机质含量2014年比1980年下降22%，导致土壤肥力大幅下降。2014 年，全国耕地有机质平均含量仅为 2.08%（农业部调查），而肥沃土壤的有

机质含量达 20%以上。耕地有机质含量下降的主要原因是过度施用化肥和农药，污水灌溉，秸秆不还田。北大荒黑土地土层厚度 1950 年代为 80～100cm，目前已减到 20～40cm。

据环保部 2014 年“全国土壤污染状况调查报告”，全国土壤总超标率达 16.1%。污染物主要有：镉，镍，砷；有机污染物次之；滴滴涕超标率最高。耕地点位超标率 19.4%，污染物主要有：镉，镍，铜，砷，汞，铅，滴滴涕，多环芳烃。

镉、汞、铅、镍、砷等重金属主要来自燃煤排放、化工厂和有色金属企业排放。重金属污染地表水、地下水和土壤，通过植物和动物食物链进入人体，严重损害人体健康。汞会损害脑组织，迄今无有效疗法。镉影响肝、肾的正常功能，并导致骨质疏松，引起贫血。铅会使中枢神经受损，导致智力障碍，听力下降，畸形发育等。

重金属污染的危害日益严重。湖南、广东、福建、云南、陕西等地儿童血铅超标，贵州、新疆出现砷中毒，黑龙江发现汞中毒。

全国受重金属污染的耕地已达 2000 万公顷，占全国耕地面积的 1/6。每年减少粮食产量 1000 万 t，受重金属污染的粮食 1200 万 t。珠三角遭受大面积重金属污染。2013 年 5 月，含镉“毒大米”被曝光。珠三角 1/5 蔬菜重金属含量超标。

1.5 CO_2 排放

中国 2010 年超过美国成为世界最大 CO_2 排放国。2019 年，中国化石燃料燃烧排放的 CO_2 为 8890Mt，占世界总排放量的 26.1%，为美国的 1.8 倍，中国人均 CO_2 排放量为 6.35t，相当于世界平均值的 141%。

2. 生态破坏

2019 年，我国生态质量优和良的县域面积占国土面积的 44.7%，一般的占 22.7%，较差和差的占 32.6%。

2.1 水土流失

我国是世界上水土流失最严重的国家之一。2018 年水土流失面积为 273.9 万 km^2，占国土面积的 28.6%，其中西部地区占 83.7%，比 2011 年减少 21.23 万 Km^2。

大规模开发建设是导致人为水土流失的主要原因。主要是植被严重破坏造成的。严重的水土流失是我国生态恶化的集中反映，威胁国家生态安全、饮水安全、防洪安全和粮食安全，制约经济社会发展。

水土流失导致每年损失耕地 100 万亩，导致江河湖库淤积，加剧洪涝灾害，恶化生态环境。全国贫困人口 74%生活在水土流失严重地区。全国城市饮用水源 95%处于水土流失严重区，对我国生态安全和饮水安全构成严重威胁。全国水土流失造成的经济损失占 GDP 的 3.5%。

2.2 荒漠化

荒漠化是干旱少雨、植被破坏、大风吹蚀、流水侵蚀、土壤盐渍化导致大片土壤生产力下降或丧失的过程。

2009 年，全国荒漠化土地面积 262.37 万 km^2，土地沙化面积 173.11 万 km^2。有 4 亿人口受荒漠化威胁，全国贫困人口有一半生活在这些地区。（国家林业局，2011 年）土地沙化以后，在大风作用下形成沙尘暴。春季的沙尘暴从西北地区东行南下，侵袭京津冀，直至长江下游北部。

2019 年，全国荒漠化土地面积 261.16 万 km^2，土地沙化面积 172.12 万 km^2，分别占国土面积的 27.20%和 17.93%。

由此可见，近 10 年全国荒漠化和沙化面积几乎无变化。“治理成绩与荒漠化沙化情况相比只是九牛一毛。”（国家林业局）荒漠化沙化治理任重道远。

2.3 草原退化

我国草地面积约为 4 亿公顷。目前，全国 90%的草原存在不同程度的退化、沙化，40%的重要湿地面临退化威胁，11%的高等植物和 21%的脊椎动物受到威胁。50%的草原严重退化，将逐渐变成沙地、盐碱地这种不毛之地。

草原退化是土地荒漠化的主要表现形式。导致土地沙化，加之过度放牧，草本植物遭受大面积破坏，草群变矮变稀，对畜牧业冲击很大。土壤贫瘠，保持水土能力下降，导致风沙、沙尘暴等自然灾害。生物多样性遭到破坏，草原多样性降低，动物种群发生变化，珍贵野生动物数量减少，甚至灭绝，老鼠、蝗虫等更加猖獗。

2.4 土地破坏

2018 年，全国 15.3 万座矿山的采矿活动损毁土地 332.5 万公顷。

我国矿山地质环境恢复治理任务十分繁重。2018 年，全国有 220 万公顷损毁土地尚未治理。“十三五”计划修复 50 万公顷。矿山开采引起地面坍塌等地质灾害达 2.6 万多处；采矿产生的固体废弃物累计存量近 600 亿 t，成为矿区及其周边区域水土环境的重要污染源；采矿活动平均每年抽排地下水约 60 亿 t，对区域地下水系统产生不同程度的影响和破坏。

2.4 生物多样性丧失

中国是生物多样性受到最严重威胁的国家之一。目前，我国野生高等植物濒危比例达 15% ~ 20%，其中裸子植物和兰科植物达 40%以上。44%的陆栖野生动物种群数，1970~2010 年减少 50%，长江白鳍豚数量 1980~2006 年减少 99.4%，扬子鳄 1995 ~ 2010 年减少 97.0%。全国有 230 多种脊椎动物面临灭绝。近年我国野生动物保护取得明显成效。2018 年，东北虎繁殖家庭频现国家公园，大熊猫野外引种成功产仔，三江源区雪豹种群数量越来越多，白鳍豚重现长江，扬子鳄总数已超过 200 条，10 万尾人工繁殖长江鲟生长状况良好。（世界自然基金会，新华社，人民日报，光明日报等）

中国正经历前所未有的生态赤字。2018，我国消耗了自身生物承载力 1.75 倍的生态资源，只有青海和西藏仍维持生态盈余。（世界自然基金会）

表 122　　中国主要污染物排放量

年份	PM2.5/微克/m^3	二氧化硫/Mt	氮氧化物/Mt	化学需氧量/Mt
2000	22	19.95		14.45
2001		19.48		14.05
2002		19.27		13.67
2003		21.59		13.34
2004		22.55		13.39
2005		25.49		14.14
2006	28	25.89	15.24	14.28
2007		24.68	16.40	13.82
2008		23.21	16.25	13.21
2009		22.14	16.93	12.78
2010		21.85	18.52	12.38
2011		22.18	24.04	25.00
2012		21.18	23.38	24.24
2013	72	20.44	22.27	23.53
2014	61	19.74	20.78	22.95
2015	50	18.59	18.51	22.24
2016	47	17.55	17.77	21.66
2017	43	16.15	16.90	20.99
2018	39	15.07	16.07	20.17
2019	36	14.41	15.51	19.62

注：从 2011 年开始，化学需氧量等指标的统计范围扩展，调查方法和相关技术规定作了修订，数据不可

与以前年度直接比较。
来源：生态环境部。

表 123　　　　　　中国和世界 CO_2 排放

	排放量/Mt-CO_2						2019 人均排放量/t-CO_2
	2010	2015	2016	2017	2018	2019	
中国	7530 (8138)	8674 (9534)	8661 （9485）	8737 （9667）	8920 （9869）	8890 （9826）	6.35
美国	5486	5741	5042	5088	5117	4965	15.19
印度	1662	2149	2243	2344	2481	2480	1.83
俄罗斯	1492	1491	1511	1525	1551	1533	10.44
日本	1202	1210	1193	1177	1150	1123	8.83
德国	783	754	771	764	717	681	8.30
韩国	591	624	630	680	662	639	12.46
伊朗	518	570	599	634	644	671	8.18
沙特阿拉伯	486	587	600	595	571	580	17.29
加拿大	530	546	543	560	566	556	13.36
欧盟	3923	3488	3499	3542	3440	330	7.44
世界	13066	32787	32936	33444	34008	34169	4.51

注： 中国排放量按中国化石燃料消费量和 CO_2 排放系数计算得出。煤炭 CO_2 排放量按商品煤消费量计算，() 内为按原煤计算。商品煤是原煤（不是全部）经过洗选脱除矸石供销售的煤。2019 年，中国原煤洗选率为 73.2%，脱除的矸石占入洗原煤的 18%。BP 计算的中国 2010、2015、2016 和 2017、2018、2019 年 CO_2 排放量分别为 8143、9186、9138、9298、9507 和 9826Mt。
来源：BP Statistical Review of World Energy, June 2020。

表 124　　中国能源、电力大气污染物和 CO_2 排放系数（2019 年）

大气污染物	
能源/kg/tce	
SO_2	
一次能源总消费量	2.79
化石能源消费量	3.46
NO_x	
一次能源总消费量	3.19
化石能源消费量	3.73
电力/g/kWh	
SO_2	
总发电量	0.12
火电	0.17
NO_x	
总发电量	0.12
火电	0.18
烟尘	
总发电量	0.02
火电	0.03
CO_2	
能源/t-CO_2/tce	
煤炭	2.71
石油	2.13
天然气	1.65
一次能源消费	1.83
化石能源	2.14
电力/g-CO_2/kWh	
总发电量	577
火电	838

来源：国家统计局；生态环境部；中国电力企业联合会。

表 125　　　　　　　　　　中国环境污染治理投资　　　单位：亿元

	2015	2016	2017	2019
环境污染治理投资总数/亿元	8806.3	9219.8	9539.0	7390.2*
城镇环境基础设施建设投资	4946.8	5412.0	6085.7	6017.8
煤气	463.1	532.0	566.7	376.5
集中供热	687.8	662.5	778.3	699.6
排水	1248.5	1485.5	1727.5	1230.0
园林绿化	2075.4	2170.9	2390.2	2327.3
市容环境卫生	472.0	561.1	623.0	684.4
工业污染源治理投资	773.7	819.0	681.5	615.2
环境污染治理投资总额占 GDP 比重/%	1.28	1.24	1.16	

注：* 为节能环保支出。
来源：国家统计局，2020 中国统计年鉴。

表 126　　　　　　　　　　　中国节能环保资金投入

2017 年，全国节能投资 4986 亿元，环保投资 10820 亿元。

中央财政环保专项资金。497 亿元，其中大气污染防治 160 亿元。

火力发电脱硫、脱硝、除尘补贴。1228.2 亿元。

可再生能源发电补贴。实收 766 亿元。

农村小水电扶贫补贴。16 亿元。

购买节能汽车（排量小于 1.6 升）补贴。515.8 亿元。

购买电动汽车补贴。187.4 亿元，其中纯电动汽车 161.6 亿元，混合动力汽车 25.8 亿元。

小水电代柴专项资金。129 亿元，代柴 2980 万 m^3。

既有住宅节能改造补贴。321 亿元，节能改造 1.07 亿 m^2。

中央财政补贴 LED 制造企业。17.5 亿元。

煤层气地面抽采补贴。15 亿元。

煤矿瓦斯治理专项资金。30 亿元。

中央财政农村沼气建设补助。100 亿元。

中央财政秸秆综合利用补贴。13 亿元。

中央财政测土配方施肥专项资金。7 亿元。

中央财政退耕还林投资。256 亿元，退耕还林 1110 万亩。

中央财政植树造林专项资金。180 亿元。

煤矿尘肺病补贴。新增患者补贴 20 亿元，每名患者 9 万元。

表 127　　　　　　　中国工业污染治理投资　　　　　　　　单位：亿元

	2015	2016	2017	2018	2019
工业污染治理投资总额	773.68	819.00	681.53	612.27	615.15
治理废水	118.41	108.24	76.38	64.01	69.90
治理废气	321.81	561.47	446.26	393.11	3677.0
治理固体废物	16.15	46.67	12.74	18.42	17.07
治理噪音	27.89	0.62	1.29	1.52	1.42
治理其他	114.53	112.00	144.87	144.21	159.06

来源：2020 中国统计年鉴。

表 128　　　　　　散煤污染与治理

我国 2018 年散煤用户多达 1.1 亿户，耗煤 10.55 亿 t。其中，未控污小锅炉 30 万台，耗煤 4.9 亿 t；民用小煤炉 1.1 亿台，耗煤 2.9 亿 t；砖窑和石灰窑 1.23 万座，耗煤 0.75 亿 t；企业自备电厂小火电 0.14 万台，耗煤 2.0 亿 t。散烧煤是京津冀重污染的主要成因。（环保部，2016）据河北环保局监测，烧 1t 散煤排放 PM2.5 10.68kg，$SO_2$10.17kg，分别为全国燃煤电厂 0.22kg 和 1.13kg 的 49 倍和 9 倍。2015 年，散煤燃烧对我国 PM2.5 浓度的贡献率超过 25%。（张强，2020/06/28）

世界银行认为，居民家庭燃烧固体燃料（煤和柴草）造成的室内空气污染对健康的损害是中国能源环境的首要问题。2018 年，全国居民家庭烧煤导致呼吸系统疾病死亡 100.2 万人。

我国散煤治理难度很大，任重道远。2017 年全国电代煤、气代煤削减散煤 1000 万 t，仅为民用散煤耗量的 0.3%。

我国散煤污染的严重后果凸显民生之殇。散煤治理长期遭忽视。2010 年，全国民用小煤炉超过 1 亿台，耗煤 2.1 亿 t。2018 年 1.1 亿台，耗煤 2.9 亿 t。耗煤量不减反增。究其原因，主要是以人为本理念缺失，能源市场化改革严重滞后，还在走计划经济先生产后生活的老路。

2019~2020 年，京津冀、山西、山东、辽宁、陕西、河南等地，大力加强散煤治理，采取严厉措施攻坚，取得明显成效。2019 年，全国清洁替代烧散煤 1 亿 t。河北没收加工待售劣质散煤，查扣散煤运输车辆，查处经营网点和流动商贩。出动 14.3 万人，入户检查，收缴劣质散煤。农村禁烧散煤，置换洁净型煤。洁净型煤售价 1350 元/t，补贴 650 元/t。散煤治理涉及十多个部门，山东成立协调小组，加强散煤运销监管。

散煤禁烧，有多种替代能源和技术科供选择。除电代煤、气代煤外，还有洁净型煤、生物质成型燃料、太阳能热水器、地热、沼气等。洁净型煤采用优质烟煤粉，掺入防水、助燃、固硫和粘合剂，冷压成型。洁净型煤配专用炉具，与烧散煤相比，可节能 30%，烟尘排放量减少 80%。2019 年产能已超过 1 亿 t。生物质成型燃料。2018 年产量 1500 万 t，2025 年预计 3000 万 t。太阳能热水器，2019 年集热面积 4.72 亿㎡，供热 56.6Mtce。2025 年 8.0 亿㎡，96.0Mtce。地热。2019 年，地源热泵和地热采暖面积 10.22 亿㎡，供热 71.0Mtce。可采资源量 2.8 亿 tce。沼气。2019 年，户用沼气池产气 198 亿 m^3，14.1Mtce。2030 年沼气总产量可达 400 亿 m^3。

散煤污染治理的国际经验

1940 年代的美国钢都匹兹堡，1950 年代的英国雾都伦敦，煤烟污染极其严重。1952 年伦敦烟雾事件死亡 1.2 万人。12 月 5~9 日，伦敦被浓厚的煤烟笼罩，PM2.5 浓度超过 1000 微克/m^3，汽车白天开灯行驶。

治理经验如下。

1、立法先行，严格执法，禁排煤烟。

2、官民结合，齐心协力。成立由政府、商界和专家组成的治理空气污染专门机构。

3、公众参与。进厂检查，监督举报。

4、环保优先，市长问责。1967 年，匹兹堡市长因环保不力，遭弹劾落马。

5、煤改气，推广无烟型煤。

匹兹堡 1985 年重现碧水蓝天，被评为美国最宜居城市。伦敦上世纪末告别“雾都”。这两个城市治霾都用了 40 年时间。

表 129　　　　　　　　　　　　　　　　中国节能环保新机制

1、 电力需求侧管理

是电力公司采取激励和诱导措施，以及适当的运作方式，与用户共同协力提高终端利用效率，改变用电方式，以减少电量消费和电力需求的管理活动。2018 年，全国电力需求侧管理节约电量 164.4 亿 kWh，节省电力 410.2 万 kW。

2、 合同能源管理

是一种基于市场的节能项目投资机制，以实施节能项目取得的节能效益，来支付项目的全部费用。合同能源管理通过节能服务公司运作。2019 年，全国实施合同能源管理的节能服务公司有 6547 家，从业人员 76.1 万，节能服务业产值 5222 亿元，形成节能能力 3801 万 tce，节省 1tce 能源投资 3000 元。

3、 能源效率标准

是政府主导、市场导向的节能政策工具。它规范终端用能产品市场准入，维护公平竞争的市场秩序，为消费者提供可靠的能效信息。强制性能效国家标准是一种技术法规。

我国 2005 年 3 月 1 日开始实施，到 2015 年，累计节电 4419 亿 kWh。2016 年实施新的能效标识管理办法，预计到 2020 年节电 2775 亿 kWh。

4、 政府节能采购

政府采购占国家财政支出很大比重。2019 年我国政府采购金额达 33067 亿元，占国家财政支出 10.0%，占 GDP3.3%。2019 年优先采购节能产品 634 亿元，占同类产品 90.0%；环保产品 789 亿元，占同类产品 88.0%。

政府采购对激励节能产品的生产和销售起重要作用。

5、 节能补贴

节能补贴对节能减排和拉动内需起很好的杠杆作用。2017 年，全国可再生能源发电补贴 853 亿元，购买节能汽车（排量小于 1.6 升）补贴 515.8 亿元（2017 年，2018 年取消减按 7.5%税率征收购置税优惠）购买电动汽车补贴 303 亿元，既有住宅节能改造补贴 4.78 亿元，农村沼气建设补贴 100 亿元。

6、 差别电价

对高耗能企业（钢铁，电解铝，钛合金，锌冶炼，电石，烧碱，水泥，黄磷）用电采取不同的价格，允许类和鼓励类企业执行正常电价，限制类加价 0.2 元/kWh，淘汰类加价 0.4 元/kWh。2017 年 1 月 1 日起，钢铁工业淘汰类企业加价 0.5 元/kWh，吨钢生产成本增加 120 元，影响 1 亿多吨产能，对促进去产能起重要作用。

7、 可再生能源配额制

政府对可再生能源发电的市场份额做出强制性规定，向电力企业颁布绿色电力证书，保证可再生能源发电的市场需求；建立市场竞争机制，有效利用可再生能源资源。可再生能源电量可在地区间交易，可再生能源发电电价高出常规电价的差价，由消费者分摊。

我国 2018 年下达配额指标，正式实施可再生能源配额制。2019 年 1 月 日起进行配额考核。

8、 电力市场化交易

是由市场决定电价，售电公司直接收取电费，逐步取消国家电网公司售电业务。目前已有 2000 多家售电公司。2019 年市场交易电量达 28344 亿 kWh，占全国用电量的近 40%。开放竞争性电价，2019 年市场化交易电量平均电价降低 7.23 分/kWh，企业用电成本降低 1000 亿元以上。

9、 开征环境税

2018 年 1 月 1 日开征环境税，应税大气污染物的税额为每污染当量 1.2～12.0 元，水污染物为 1.4～14.0 元。

环境税可促使各类企业之间进行平等竞争，高污染、高排放行业优胜劣汰。税款用于污染治理。

10、碳排放市场交易

是旨在减少 CO_2 排放的市场机制，激励排放实体降低完成减排目标的成本，倒逼企业淘汰落后产能，转型升级。

我国 2013 年开始 8 个地区试点，成交量 2.11 亿 t-CO_2, 成交额 12.2 亿元，均价 16.71 元/t-CO_2。

2017 年 12 月 19 日，全国碳排放权交易市场正式启动，覆盖 1700 多个企业，总排放规模 35 亿 t-CO_2，占全国 CO_2 排放量的 39%，超过欧盟成为全球最大的碳市场。

附录

低碳技术 80 例

1、智能采煤
2、煤矿循环经济园区
3、选煤
4、洁净型煤
5、水煤浆
6、三次采油
7、煤层气开采
8、页岩气开采
9、天然气水合物开采
10、高效低排放工业锅炉
11、超超临界燃煤机组
12、煤气化联合循环发电
13、循环流化床锅炉
14、第三代核反应堆
15、分布式能源
16、可再生能源
17、特高压输电
18、智能电网
19、干熄焦
20、高炉喷煤粉
21、钢铁可循环流程
22、高强度钢材
23、全密闭电石炉
24、再生金属
25、水泥生产代用燃料
26、高标号水泥
27、水泥散装
28、新型墙体材料
29、先进制砖技术
30、薄陶瓷砖
31、离子膜法制烧碱技术
32、炼油化工一体化
33、化工园区
34、绿色制造
35、智能制造
36、工业机器人
37、再制造技术
38、煤矸石综合利用
39、粉煤灰综合利用
40、包膜控释肥料
41、测土配方施肥
42、秸秆综合利用
43、绿色建筑
44、被动房
45、装配式住宅
46、低发射率玻璃
47、立体绿化
48、智能冰箱
49、超节能热水器
50、3D 洗衣干衣机
51、先进固体燃料炉灶
52、农村沼气
53、地源热泵
54、紧凑型荧光灯
55、发光二极管光源
56、智能居住小区
57、智慧城市
58、生态城市
59、新能源汽车
60、电动自行车
61、共享单车
62、绿色交通
63、智能交通系统
64、车联网
65、高速列车
66、磁悬浮列车
67、船联网
68、高效电动机
69、信息通信技术
70、3D 打印
71、新型半导体芯片
72、互联网
73、物联网
74、电子商务
75、移动支付
76、人工智能
77、云计算
78、大数据
79、5G 通信
80、碳捕集和封存

1、 智能采煤 intellectual coal mining

在煤矿生产机械化和自动化基础上，应用信息通信技术，实现煤矿主要生产环节和设备的监测和地面远程操控。2014 年建成我国第一座智能采煤示范矿井—陕西黄陵矿业公司一号矿。这是我国采煤技术的一项重大突破。目前，我国已形成适应各种地质环境的智能采煤技术方案，并在神华集团、陕西煤化集团、冀中能源集团、阳泉煤业集团等 15 个矿区推广应用。

2015 年，世界最大矿井神东矿区大柳塔矿，原煤产量 3544 万 t，职工 3053 人，全员效率达 127 t/工，连续 8 年无事故死亡。是世界领先的安全、绿色、智能煤矿。2018 年 9 月神华集团首创无人操作采煤技术，井下采煤作业自动化、智能化，地面集中监控。如果视频显示采煤机切割矸石等情况，进行远程干预。2020 年 4 月，全国智能无人采煤工作面已有 200 多个。

2、煤矿循环经济园区 recycling economy park based on coal mine

按照循环经济理念建设的以煤矿为基础的工业园区。有煤—电—建材、煤—电—化工—建材、煤—焦—化工、煤—油（煤液化）—化工、煤—电—铝、煤—电—硅（生产多晶硅）等多种模式。在这种园区内，矿井采用绿色开采技术，发展煤基多元化产业集群，资源循环利用，废弃物无害化处理和资源化利用，矿井瓦斯抽放利用，排空可燃气体和有毒有害气体回收利用，塌陷土地复垦。有些煤矿已实现矸石、矿井水、选煤废水零排放。年产 400 万 t 的峰峰矿区梧桐庄矿，矸石不出井，充填采空区；矿井水经处理后注入岩层；利用井下水（19℃）和回风余热替代 5 台采暖锅炉和 2080 台空调。

山西大同煤矿塔山循环经济园区，采用先进低碳技术推行绿色开采和循环经济。园区年产能力 20Mt 和 10Mt 的现代化矿井，开采特厚煤层，工作面回采率高达 90%以上。原煤经洗选供空冷坑口电厂。中煤供热电厂（集中供热 550 m^2）和甲醇厂（煤气化制甲醇）。煤矸石发电装机容量 245 万 kW。煤矸石制砖，年产达 2.4 亿块标准砖，机器人操作。粉煤灰用作水泥厂原料。固体废物 100%利用。煤层伴生高岭岩利用 25 万 t，加工成世界最细的 6250 目高岭岩粉。利用脱硫石膏 107 万 t。污水经处理后循环利用，实现近零排放。矿区绿化 42 万亩，建成全国最大的坑木林基地。循环经济和综合利用使园区产值增加 3 倍。

3、选煤 coal preparation

煤炭洗选是利用密度不同的原理，脱除原煤中的矸石等杂质。选煤可以脱除 50%～70%的灰分和 60%～70%的无机硫。燃煤设备使用经过洗选的煤，可提高热效率，节煤 10%以上。发达国家需要洗选的原煤早已全部入洗。

我国 2019 年原煤入洗率 73.2%。动力煤洗选后，平均灰分由 28.6%降至 15.5%，下降 46%；平均硫分由 1.01%降至 0.66%，下降 35%。使用经过洗选的动力煤可大大减少颗粒物和 SO_2 排放。选煤脱硫的单位投资和成本仅为发电厂烟气脱硫的 1/10。

4、洁净型煤 clean briquette

洁净型煤是用优质烟煤为原料，粉碎后掺入防水、助燃、固硫和粘合剂，冷压成型。与烧散煤相比，排放的烟尘减少 70%，SO_2 减少 60%，已在全国推广。2019 年，年产能力已超过 1 亿 t 。

5、水煤浆 coal water slurry, CWS

水煤浆是用 65%的煤粉（250～300μm）、约 34%的水，加入 1%的分散剂（保证其流动性）和稳定剂配制而成的一种代油燃料。约 2t 水煤浆可代 1t 燃料油。制备水煤浆采用低灰（＜＝8%）、低硫（＜＝0.5%）煤，燃烧产生的 SO_2 和颗粒物比烧原煤分别减少 65%和 85%。燃烧温度比烧原煤低 100～200℃，NO_x 生成量较少。近年我国水煤浆生产利用发展迅速，2019 年产能达 2.0 亿 t，其中 0.3 亿 t 用作工业锅炉、窑炉和电厂燃料，1.7 亿 t 用作气化原料。工业锅炉燃用水煤浆，热效率达 83%以上，比传统燃煤工业锅炉高 10%～20%，可节煤 20%。水煤浆气化后用作窑炉燃料，可节煤 15%。

6、三次采油 tertiary oil recovery

一次采油是利用油层的自然能量采油。二次采油是向油层注水补充能量的开采方法。三次采油是向油层注入蒸汽、聚合物等化学剂、天然气或二氧化碳，提高采收率。注入蒸汽可降低原油黏度。注入聚合物可改善地下油、水流度比；在注入水中加表面活性剂，可减少油、水界面表面张力。注入天然气或

二氧化碳可溶解或稀释原油，改善其流动性。目前，世界油田平均采收率为 35%，三次采油可提高到 50%以上。我国大庆油田推广以聚合物驱油为主导的三次采油技术，2002年以来每年增产原油1000万t以上，2018 年为 1090 万 t。

7、煤层气开采 coal bed methane mining

煤层气是一种以吸附或游离状态赋存在煤层中的自储式非常规天然气，其甲烷含量超过 90%。它既是洁净能源，又是一种温室气体，而且煤矿井下泄出的甲烷有爆炸危险，是煤矿安全生产的一大隐患。全球煤层气总资源量达 260 万亿 m^3，中国 36.8 万亿 m^3，相当于陆上常规天然气总资源量。煤层气从井下或地面钻孔抽采。开采利用煤层气，对预防煤矿瓦斯事故、增加洁净能源供应和减排温室气体具有重要意义。我国 2018 年产量 199 亿 m^3，其中井下抽采 128 亿 m^3，地面抽采 71 亿 m^3，煤层气利用 104 亿 m^3。

8、页岩气开采 shale gas mining

将页岩气从地层采出到地面的工艺过程。通常在探明的气田钻井，并诱导气流，使页岩气靠地层压力由井内自喷至井口。

页岩气是一种非常规天然气，赋存在泥页岩中，以吸附和游离状态存在。世界页岩气预测资源量达456 万亿 m^3。美国探明可采储量 14 万亿 m^3，采用水平钻井和水力压裂技术，突破了开采页岩气的技术障碍，页岩气产量从 2000 年的 110 亿 m^3 增至 2018 年的 6791 亿 m^3。我国页岩气可采资源量达 36 万亿 m^3，居世界首位。美国 2018 年，6122 亿 m^3。我国 2018 年产量 108.8 亿 m^3。

9、天然气水合物开采 natural gas hyclate mining

天然气水合物是天然气和水分子组成的一种类冰状固体结晶体，也称可燃冰。它在低温（0 ~ 10^{o}C）和高压（1 ~ 10MPa）条件下赋存，主要埋藏在深度大于 300~500m 的海底沉积物中和寒冷的高纬度区域的永冻层中。1m^3 的天然气水合物可释放出 164m^3 天然气。中国南海已探明天然气水合物资源达 1000 亿 toe 。

2017 年，我国在南海试采成功，取得重大突破。5 月 10 日至 7 月 9 日，从南海神狐海域水深 1266m 海底下 203 ~ 277m 的天然气水合物矿藏中连续稳定采气 30.9 万 m^3。

天然气水合物开采的最大难题，是发生不可控的水合物分解，导致甲烷泄漏，引起海底滑坡等地质灾害。甲烷泄漏到大气中，会导致环境灾难。

这次试采，采用地层流体抽取法。进行试采作业的蓝鲸一号钻井平台，技术世界领先，解决了储层流体控制和水合物持续分解难题。

10、高效低排放工业锅炉 high-efficiency and low-emission industry boiler

工业锅炉是指小时蒸发量 75t/h 以下的中小型锅炉。包括工业用蒸汽锅炉、民用采暖热水锅炉、热电联产锅炉和余热锅炉。2018 年，全国燃煤工业锅炉 46.7 万台，年耗煤 7.7 亿 t。平均运行效率 65%，比国际先进水平低 15 个百分点。2015 年，工业锅炉排放 SO_2 718 万 t，NO_x 217 万 t，烟尘 160 万 t，废渣约9000 万 t。仅次于燃煤电厂，是第二大污染源。我国已研制出高效、低排放煤粉工业锅炉，热效率由 65%提高到 90%，每年可节煤 1 亿 tce，已在 20 个省份推广。烟尘、SO_2 和 NO_x 排放分别为 3、2 和 20 毫克/m3，分别比传统锅炉减少 95%、90%-95%和 90%。已开始推广，节能潜力达 1 亿 tce。

11、超超临界燃煤机组 ultra supercritical pressure unit

超超临界燃煤机组是锅炉蒸汽压力高达 30MPa 的火电机组。2010 年，我国有 33 台 1000MW 超超临界机组在运行，2012 年 59 台，2015 年 82 台，2018 年 103 台。平均供电煤耗 282gce/kWh， 比全国火电平均供电煤耗少 26gce/kWh。按此计算，2018 年采用超超临界机组节能 1168 万 tce。莱芜电厂 GW 二次再热机组，效率达 48.12%，发电煤耗 255.29gce/kWh，刷新世界纪录。 2019 年有 111 台在运行，超过其他国家总和。

12、煤气化联合循环发电 integrated gasification combined-cycle, IGCC

IGCC 是煤气化生产燃料气，驱动燃气轮机发电，余气用来烧锅炉，生产蒸汽驱动汽轮机发电。粗煤气经净化处理，可在燃烧前脱除硫和氮；联合循环可提高系统热效率。烧硫分为3.5%的高硫煤的IGCC电

站，SO_2 排放量比煤粉炉加烟气脱硫少 70%，NO_x 少 60%，固体废物少 60%。新一代 IGCC 的发电效率可达 45%以上。

全世界已建成 10 多座 IGCC 电厂，最大的 IGCC 机组在美国佛罗里达州马丁电厂，2×385MW。我国第一座 IGCC 示范电站 2012 年在天津建成投产，装机容量 250MW，包括污染物回收，碳分离、利用或封存。采用自主开发的两段式干煤粉加压气化技术。脱硫效率可达 90%，污染物和 CO_2 可实现近零排放。投资 1.38 万元/kW。到 2018 年末，累计发电 58 亿 kWh，稳定运行 3918 小时，污染物排放达到天然气电站水平，完成世界最大燃烧前 CO_2 捕集装置满负荷试运行。

13、循环流化床锅炉 circulation fluidized bed boiler, CFBB

流化床锅炉是把煤和吸附剂（石灰石）加入燃烧室的床层中，从炉底鼓风使床层悬浮，进行流化燃烧。流化形成湍流混合条件，从而提高燃烧效率；石灰石固硫减少 SO_2 排放；较低的燃烧温度（830 ~ 900^oC）使 NO_x 生成量大大减少。循环流化床锅炉通过高速空气夹带固体颗粒进入并返回燃烧器，进行辅助燃烧，促进煤粒沸腾燃尽。与常规锅炉相比，约可节煤 10%；与煤粉炉加烟气脱硫装置的电站相比，SO_2 和 NO_x 可减少 90%，无需烟气脱硫装置。

我国是世界上应用 CFBB 最多的国家，2018 年有 4000 台，80%为中小型，35 ~ 1025t/h 的 CFBB3000 台，总容量 120GW，400 t/h 机组有近 500 台，已建成 5 台 350MW 超临界 CFBB 机组，自主研制的 600MW 超临界 CFBB 机组，已在四川白马电厂建成。

14、第三代核反应堆 third generation nuclear reactor

第一代核反应堆是苏联和美国 1950 年代建设的实验原型堆。第二代反应堆是 1960 年代在第一代反应堆基础上设计制造的 30 万 kW 以上的压水堆、沸水堆和重水堆。第三代反应堆具有非能动安全系统，堆芯熔化和放射性外泄等严重事故的发生概率比现有反应堆降低 1～2 个数量级，寿命 60 年，可用率 87%以上，建设周期缩短到 42 ~ 54 个月。目前比较成熟的第三代反应堆有美国的 AP-1000 和欧洲的 ERP。我国引进的 4 台 AP-1000 压水堆机组正在浙江三门和山东海阳建设。这是世界上首批建设的第三代核电机组。在 AP-1000 引进技术基础上研发的中国 CAP-1400（1400MW）先进压水堆机组，2018 年末开工建设。2018 年，AP-1000 一号机、ERP 一号机分别在三门和台山投运。

我国自主研发的华龙一号百万千瓦核电机组，融合了能动与非能动先进设计理念，从 157 燃料组件堆芯扩容到 177 堆芯，使发电功率增加 5%~10%，具备三个实体隔离安全系列，采用世界最高安全要求和最新技术标准，满足中国政府新建核电机组“从设计上实际消除大量放射性物质释放的可能性”的 2020 年目标。华龙一号示范工程，福建福清核电站 5、6 号机组和广西防城港核电站 3、4 号机组，以及巴基斯坦 2 台机组正在建设。2020 年 11 月 27 日，华龙一号全球首堆福清核电 5 号机组并网发电。

15、分布式能源 distributed energy

是指在终端用户或靠近用户处安装小型发电装置供电。它无需输配电，用户可自行控制，供电可靠性高，热电或冷热电联供提高能源效率。分布式能源主要采用天然气，以及水能、太阳能、风能等可再生能源。美国分布式能源主要用于医院、建筑、工厂、互联网服务器、军事基地等要求供电不中断的地方，并与微电网和智能电网相结合。2019 年，我国分布式光伏发电 755GWh。全国已建成 4.65 万座小水电站，总装机容量 8140 万 kW，年发电 2533 亿 kWh。

16、可再生能源 renewable energy

中国可再生能源开发利用世界领先。2019 年，全国可再生能源开发利用量达 711.8Mtce。其中，水电 13044 亿 kWh，风电 3577 亿 kWh，光伏发电 2403 亿 kWh，生物质发电 1111 亿 kWh，太阳能热水器 4.72 亿 m^2（集热面积），农村沼气 198 亿 m^3，地热直接利用（地源热泵和地热采暖）63.8Mtce 。

17、特高压输电 ultra-high（UHV）transmission line

按照中国的电网电压标准，交流标准电压 1000kV（设备最高电压 1100kV）、直流额定电压±800kV 称为特高压。特高压长距离、大容量输电，可减少线路损失。1000kV 交流输送功率可达 4 ~ 5GW，为 500kV 输送功率的 4～5 倍，理论线路损耗仅为 500kV 的 1/4。

2019 年全国已有 26 条特高压线路投运，总长 37813km。其中 1000kV10 条，9015km；±800kV 14 条，

22181km。2017 年建成的榆横—潍坊 1000kV 线路 1049km，为世界最长交流特高压线路。2018 年，建成的准东—皖南±1100kV 线路，长 3324km，输电能力 660 亿 kWh，是世界电压等级最高、输送量最大、输电距离最长、技术水平最高的特高压输电工程。±1100kV 一条，3293km。

18、智能电网 smart grid

智能电网利用先进的通讯、信息和控制技术，实现电网的信息化、数字化、自动化和互动化，从而提高电网资源优化配置能力，提高供电可靠性，改善电能质量；解决可再生能源电力的接入问题；通过需求侧精细管理，提高终端用电效率。我国智能电网已进入全面建设阶段。2017 年已累计安装智能电表 4.3 亿户，覆盖率 97%，已初步形成智能电网运行控制和互动服务体系。2020 年建成后，年节能量可达 400Mtce 以上，减排 $CO_2$1100Mt。

19、干熄焦 coke dry quenching, CDQ

在密闭的装置内，用惰性气体氮气作热载体熄灭红焦，利用高温氮气的热能生产蒸汽供发电的装置。干熄焦装置一般由熄焦槽、余热锅炉、发电设备、提升设备、带式输送机、氮气循环系统和除尘系统组成。整个工艺系统可分为物料流程、氮气循环和蒸汽热力循环三个部分。每熄 1 吨红焦约需循环氮气 1500Nm^3，焦炭一般冷却到 250℃以下。与湿法熄焦相比，干熄焦可以回收利用红焦的物理显热，每吨焦可回收蒸汽 500～600kg。处理 1 吨红焦可节能 40kgce，同时大幅减少熄焦水等污染物排放，并可提高焦炭质量。2015 年，全国已有 198 套 CDQ 装置，处理能力 2.5 万 t/h。2018 年，钢铁行业大中型企业 CDQ 普及率（CDQ 处理量占焦炭产量比重）已达 95%以上。

20、高炉喷煤粉 pulverized coal injection in blast furnace

高炉炼铁用煤替代焦炭的工艺。从高炉风口直接向炉内喷吹磨细的无烟煤，也可用烟煤或无烟煤和烟煤的混合煤粉，替代部分焦炭，提供炼铁过程需要的热量，并起还原剂的作用，从而降低焦比，降低生铁生产成本，是高炉冶炼的一项重要节能技术。煤 粉气化过程中放出的氢气比焦炭放出的多，提高了煤气的还原能力和穿透扩散能力，有利于矿石还原和改善高炉操作指标。喷 1t 煤代焦可使工序能耗降低 90kg/t。2019 年，我国高炉吨铁喷煤量已达 145kg。

21、钢铁可循环流程 circulative process for steel complex

将钢铁生产、能源转换、废物利用等先进技术综合集成，形成新一代可循环钢铁制造流程。我国 6 家大型钢铁企业组成钢铁可循环技术创新战略联盟，目标是年产 300Mt 优质钢材，可同时发电 210TWh，吨钢能耗降到 640kgce 以下，减排 $CO_2$100Mt。2010 年末，应用可循环流程技术建成首钢曹妃甸京唐钢铁厂，年产钢 9.7Mt。2012 年 6 月，全系统达产，各工序产能和技术经济指标达到设计水平。2016 年 5 月 5 日，采用可循环流程，年产钢材 9.4Mt 的宝钢湛江钢铁厂建成投产。

22、高强度钢材 high strength steel products

宝钢已制出汽车用高强度冷轧钢板和热镀锌板，满足汽车减重节能和安全性要求。建筑用钢筋，2019 年全国产量 249.7Mt。其中 400MPa 及以上高强度钢筋占 80%。用 1 亿 t 高强钢筋替代 335MPa 普通钢筋，每年可节省钢筋 1680 多万 t，减少铁矿石消耗 2600 万 t，节能 1470 万 tce。

23、全密闭电石炉 full-airtight carbide furnace

是指带炉盖的完全密闭的电石炉。其特点是炉型大，自动化程度高，产品质量好，烟气比敞开炉少 90%以上。大型密闭电石炉每吨电石电耗比敞开炉少 400kWh。烟气可直接烧锅炉，或经除尘、脱焦后用来烘干碳原料，或用作烧石灰的燃料。2017 年，我国电石行业密闭炉产能比重为 85%。

24、再生金属 regenerated metal

是指回收废旧金属加工生产出来的金属。纯净的废铜可在感应电炉中熔炼；混杂的废铜再生采用反射熔炼炉—电解精炼工艺。废杂铝再生以单室反射炉熔炼为主。

2018 年，我国再生有色金属产量达 1440 万 t，其中再生铜、铝、铅、锌产量分别为 325 万 t、710 万 t、230 万 t 和 175 万 t，分别占总产量的 36.0%、19.6%、45.0%和 30.8%。再生铜、铝、铅综合能耗分别为原生金属的 18%、45%和 27%。2018 年，再生有色金属与生产等量原生金属相比，节电 835 亿 kWh。

2018年，我国利用废钢188Mt。废钢回炉炼钢综合能耗仅为大中型企业吨钢能耗的19.4%。2018年，利用废钢节能102Mtce。

25、水泥生产代用燃料 alternative fuels for cement production

在水泥生产过程中，用城市垃圾、废轮胎、废塑料等替代化石燃料，降低产能耗。德国替代率达63%，2018年水泥综合能耗97kgce/t，比中国低30%。

26、高标号水泥 high grade cement

是指标号42.5及以上的水泥。2018年，我国标号42.5（按水泥：标准砂1：3配比制成的7.07×7.07×7.07cm的立方体试块完全硬化时的抗压强度为42.5MPa的水泥）及以上的高强度水泥占54%，其余为32.5低标号水泥。采用高标号水泥替代低标号水泥，可节省水泥15%。

27、水泥散装 cement unpackaged

水泥散装是指在水泥生产出来后直接用专用车辆运到施工现场。1亿t水泥散装，可少用20亿只包装纸袋，节省制造纸袋的优质木材330万m^3，以及生产纸袋用纸消耗的水1.2亿m^3，煤80万t，还可避免纸袋破损和残留造成的水泥损耗500万t，总共节能237万tce。我国2017年水泥散装率为62.7%，散装量14.7亿t，节煤3374万tce，减少粉尘排放1476万t，综合效益661亿元。2018年散装率66.9%。

28、新型墙体材料 new type wall materials

新型墙体材料是指用来替代传统粘土实心砖的墙体材料。有三大类20多种。包括烧结空心制品，如空心砖、加气混凝土砌块等；利用工业废渣（煤矸石，粉煤灰，各种废渣）和江、河、湖淤泥（砂）为主要原料的烧结制品；轻质墙板，如聚苯泡沫塑料板、岩棉板、玻璃棉板、石膏板等。新型墙体材料与粘土实心砖相比，具有重量轻、性能好、耗能低、施工快等优点，而且可避免取土毁田。生产新型墙体材料的能耗比粘土实心砖低40%。用于建筑，采暖能耗减少30%以上。2019年，我国新型墙体材料占墙体材料总产量的77%。

29、先进制砖技术 advanced brick production technique

高效率、多功能、自动化、节能环保的制砖技术。大型自动化制砖设备，液压振动成型，砖或砌块密实度均匀，强度高；可用煤矸石、粉煤灰、炉渣等为主要原料，生产免烧砖，无需烧结，常温保养；采用真空挤出机。大型制砖机年产能力超过6000万块标准砖，计算机控制，机器人操作。可生产普通砖、多孔砖、空心砌块等多种产品。

30、薄陶瓷砖 thickness ceramic tile

普通陶瓷砖厚度为9～12mm。近年我国被淘汰的陶瓷企业90%以上是因节能减排问题被关停的。陶瓷砖减薄是节能减排的重要举措。2015年，在全国范围内推广薄陶瓷砖，厚度为4.7mm。全行业一年可节煤500~600万t，节省原料2000万t。2019年，我国陶瓷砖产量达101.6亿㎡。

31、离子膜法制烧碱技术 caustic soda production technique by ion exchange membrane

是用离子交换膜、电解质溶液制造高纯度烧碱、氯气和氢气的工艺。原盐经水化、精制后进入电解槽阳极室，利用阳极室和阴极室之间的电子膜有选择地让一定离子通过的特性电解盐，得到高纯度碱，并产出氯气和氢气。离子交换膜具有排斥阴离子而吸引阳离子的特性。电解时，阳极室中带正电荷的钠离子通过离子膜进入阴极室，与纯水离解生成的带负电荷的OH结合成NaOH，即烧碱。同时，从阴极放出氢气，从阳极放出氯气。离子膜法制烧碱和隔膜法相比，综合耗能可降低28%；设备效率高，占地少，单位投资可减少25%；生产稳定，无污染。2019年，我国离子膜法烧碱产能占烧碱产能的99.7%。

32、炼油化工一体化 refining-chemical integration

在一个企业内同时进行炼油和化工生产，充分体现循环经济理念。这种模式的特点是集约化、短流程、安全环保。各种生产装置通过管道连接，不用储罐和车辆；原料互供，综合利用水平高；所用原料全部是经脱硫净化的气体燃料；充分利用余热。因此，原料和能源利用率高，可节能15%，污染物排放

少。我国最大的炼油化工一体化项目 2009 年 11 月在泉州建成投产，炼油厂产能由 400 万 t 扩建到 1200 万 t，年产乙烯 80 万 t，丙乙烯 65 万 t，聚丙烯 40 万 t，芳烃 100 万 t。2019 年全国千万吨级炼油厂中，炼油化工一体化的有 16 家，炼油能力 500Mt，占全国的 65%，乙烯产能 23Mt，芳烃 43Mt。

33、化工园区 chemical industrial park

园区内及周边化工企业的原料、中间体、产品、副产品和废弃物互供、共享，实现资源利用最大化。我国已建成各类化工园区和化工集中区千余家，其中省级及以上重点化工园区或以石化为主导产业的工业园区有 200 多家。上海化工园区平均万元产值耗能 1.2tce，水耗 33t，仅为同行业平均值的 1/2 和 1/5；与企业自建公用工程相比，投资成本降低近半。

34、绿色制造 green manufacture

旨在提高钢材利用率、生产节能产品的制造技术。包括净成形技术、快速制造技术、热加工工艺模拟及优化技术等。净成形技术是指零件成型后不用再加工或仅需少量加工即可用作机械构件的制造技术。快速制造技术是由产品模型驱动，直接或间接作用于材料质点，减少甚至无需任何模具，快速完成任意复杂形状的原型、零件、模具制造的技术。我国机械工业钢材利用率 60%～70%，国际先进水平达 90%～95%。节材潜力很大。

35、智能制造 intelligent manufacturing

制造业与信息通信技术的深度融合。工业机器人与物联网、人工智能、云计算、大数据等新技术相结合，实现生产装备、生产线和生产组织的智能化。应用智能制造的企业，生产成本可下降 20%，能源消耗和污染物排放减少 10%。

我国已开始在汽车、航空、电子制造以及金属加工、钢铁、建材、石化、纺织、食品饮料等行业应用智能制造。2015 年有 38 个行业、46 个智能制造示范项目，生产效率提高 30%，节能 9.5%。2018 年，试点示范项目增至 99 项，其中包括智能制造十大重点领域：新一代信息技术，高档数控机床，机器人，智能驾驶，航空航天装备，海洋工程装备和高技术船舶，先进轨道交通装备，节能与新能源汽车，电力装备，新材料，高性能医疗器械。2018 年，全国智能制造企业有 6600 家。

36、工业机器人 industrial robots

是一种仿人操作、机电一体化的自动化生产设备。自动控制，可重复编程，能在三维空间完成多种作业，在工业生产中代替人做某些单调、频繁、重复的长时间作业，或危险、恶劣环境下的作业。工业机器人是一种节能、增效的绿色生产设备。采用工业机器人的全自动喷涂系统，可节能 15%。2019 年我国工业机器人产量达 18.7 万台，是世界上工业机器人增长最快的国家，保有量 82 万台。

37、再制造技术 remanufacturing technique

利用废旧的机械设备的零部件进行批量化高技术修复和性能升级，再重新组装成产品。再制造的设备的技术性能和质量可以达到甚至超过新产品的水平，而成本仅为制造新产品的 50%，可节能 60%，节材 70%。再制造技术已用于汽车、工程机械、家用电器、办公设备等领域。美国再制造业年销售额已超过 1000 亿美元。我国再制造技术发展迅速，已研制出有自主知识产权的等离子和高速电弧喷涂、纳米电刷镀、纳米自修复添加剂等关键技术，并用于汽车零部件、飞机叶片、数控机床、斯太尔发动机、大型化工装置部件等设备的再制造。2018 年，已形成汽车发动机、变速箱 15 万台套的再制造能力，发电机、发电机部件 160 万台再制造产能。

38、煤矸石综合利用 coal refuse comprehensive utilization

煤矸石主要用于发电，生产建材，以及筑路、复垦、塌陷区回填。2018 年，我国煤矸石产生量达 4.656 亿 t，利用率 70%。2019 年，煤矸石发电装机容量 7400 万 kW，发电 3430 亿 kWh，制砖 200 亿块标准砖。2015 年利用矸石筑路、复垦和塌陷区回填 2.6 亿 t 。

39、粉煤灰综合利用 flyash comprehensive utilization

2018 年，我国粉煤灰产生量达 7.24 亿 t。2017 年利用率 72%。其中用作水泥掺合剂占 38%，用作混凝土添加剂占 14%，用于建材深加工产品占 26%。

40、包膜控释肥料 controlled release fertilizer by contatined membrane

包膜控释肥料是根据作物需要和土壤特性制定肥料（氮磷钾）配方，通过包膜按预定释放模式施肥，可大幅提高肥料养分利用率，节省化肥 15%～25%，并减少污染。

2018 年我国产量 315 万 t。已在 25 个省份的 31 种作物大面积应用，平均增产 10%。全国累计使用 2100 万 t，占世界 50%，节支增收 1100 亿元。

41、测土配方施肥 spread manure by measure the soil and make up a prescription

通过土壤测试，了解土壤肥力状况，遵循作物需肥规律，建立科学施肥体系，制定作物所需肥料配方，由企业按配方生产，并指导农民施肥。测土配方施肥可改善土壤理化性能，增强土壤保水保肥能力，节省肥料，增加作物产量，减少作物病害，提高产品质量。2018 年，已有 1200 多个县实施，覆盖率 40%，减少不合理施肥 490 万 t，节煤 1300 万 t。

42、秸秆综合利用 straw comprehensive utilization

2018 年，我国秸秆理论资源量 8.86 亿 t，可收集量 7.38 亿 t，利用率 82%。2015 年，利用 7.2 亿 t，秸秆用作农村居民燃料的占 11.4%，用来还田作肥料占 43.2%，用作饲料占 18.8%，用作人造板材和制浆造纸占 2.7%，用作种植食用菌基料占 4.0%。

43、绿色建筑 green building

是指全寿命周期内，最大限度节约资源（节能、节地、节水、节材），保护环境，减少污染，为人们提供健康、适用和高效的使用空间，与自然和谐共生的建筑。又可称为可持续建筑，生态建筑，节能环保建筑。

我国 2015 年 1 月 1 日开始实施的《绿色建筑评价标准》，绿色建筑分为一星、二星和三星 3 个等级。

2018 年，我国新建绿色节能建筑 18.6 亿㎡。绿色建筑平均节能率达 60%。

天津万科锦庐园社区服务中心，是国内首个获得三星设计标识的会所。采用的技术主要有：LED 照明，太阳能热水系统，地源热泵系统，可调遮阳百叶系统，双向流新风系统，热回收系统，CO_2 监控系统，湿度调节系统，光导管，屋面种植，垂直绿化。

44、被动房 passive house

是指采用节能的构造设计、围护结构、建筑材料等技术，充分利用室内生活热量和可再生能源，实现舒适的居住环境的房屋。与未采取节能措施的传统住宅相比，可节能 75%。2020 年，全国新建面积超过 1000 万㎡。

中德被动式低能耗建筑示范项目秦皇岛“在水一方”小区，地上 6 层，1200 ㎡，2014 年建成，是目前国内节能率最高的住宅。

采用的技术主要有：外墙和屋顶保温隔热分别采用 220mm 石墨聚苯板和挤塑聚苯板；节能门窗，窗玻璃采用三层两中空低发射率玻璃，门采用德国铝木复合框料；可调节外遮阳卷帘，可按太阳光照强度自动控制；自然通风技术；无热桥处理技术，避免建筑物内结露霉污现象；太阳能热水系统，集热面积 305 ㎡，保温水箱 8m³；新风预冷（热）技术；地下光导照明技术，利用自然光为地下车库照明；光伏发电，屋顶光伏电池 20kW；新风系统热回收技术，回收率达 79%；空调主机变频技术；新风系统末端变风量技术；地源热泵；能耗综合监测技术；室内空气质量实时监测和新风自动控制技术；能耗模拟分析技术。

45、装配式住宅 Assembled house

以工厂预制、现场组装方式建造房屋。具有节材、节能、节地、抗震、环保等优点，工地几乎没有建筑垃圾。中国已有成熟技术，通常采用钢结构、高强度预应力混凝土构件和轻质建材。与传统建房方式相比，可节材 30%，节能 70%，节地 20%，工期缩短 80%，建筑垃圾减少 90%。欧、美住宅建设产业化率超过 60%，日本达 70% 。我国 2019 年新建 1.9 亿㎡。

46、低发射率玻璃 Low-E membrane plating glass

在玻璃上镀一层或多层由银、铜、锡等金属或其化合物组成的薄膜。这种玻璃对可见光有较高的透射率，能反射 80%以上的室内物体辐射的红外线，使其保留在室内，具有良好的阻隔热辐射的保温性能，同时能反射太阳辐射热，并避免反射光污染。广东东莞住宅建筑推广应用，年耗电量减少 60%。欧美国家普及率已达 85%。2017 年产量 1.5 亿㎡，2018 年产能达 4.26 亿 m^2。

低发射率玻璃按镀银层数分为单银、双银和三银 LOW-E 玻璃，分别为第一代、第二代和第三代产品。其节能率分别为 50%、60%和 70%。三银 LOW-E 玻璃国内已有产品。

47、立体绿化 three-dimensional greening

在建筑物屋顶、墙壁、门窗等处种植绿色植物，可以减少灰尘，削弱城市“热岛”效应，节约能源。盛夏室内温度比未立体绿化建筑低 3～5℃，公共建筑夏季空调可节电 30%以上。上海 2018 年新增立体绿化面积 351 万 m^2。

48、智能冰箱 intelligent refridgerator

西门子双温双控智能冰箱是用 2 个温控器控制冰箱。冷藏室和冷冻室各有一个温控器。当冷藏室达到指定温度，或者不需要制冷时，立即关闭，制冷剂进入冷冻室制冷。当冷藏室和冷冻室都需要制冷时，同时制冷。冷藏冷冻分开操作可减少冰箱电耗。这种冰箱制冷能力超强，能使食物快速冷冻，保持食物营养，还采用零度保鲜技术和风冷无霜技术。已在中国销售。

49、超节能热水器 super energy-saving water heater

西门子灵感超节能热水器，有一个智能记忆芯，记录主人用水习惯和偏爱的水温。使用时，能判断所需水量和水温。还能根据季节变化，高峰用水等信息，将水加热到适合的温度。智能控制提高热水器工作效率，大幅降低能耗。80 升的电热水器，一年可节电 490kWh。热水器有半胆和全胆两套智能加热系统，3200W 大功率速热，持续加热功能可为 4 人接连洗澡提供热水。2010 年在中国上市，获年度热水器最佳产品奖。

50、3D 洗衣干衣机 3D washing dryer

西门子 3D 空气冷凝式洗衣干衣机，采用空气冷凝和立体烘干等新技术，比传统洗衣干衣机节水 90%，节能 50%。国内已有产品出售。

经加热器加热的干燥热空气，穿过衣物变成冷湿空气，然后通过冷凝系统，变成干燥冷空气，同时析出水分，流入储水器或排出，如此循环往复，将衣物烘干。立体烘干技术，使衣物与气流接触面最大化，大大提高烘干效率。自动控制烘干过程，衣物均匀烘干，并避免衣物变形或受损。

51、先进固体燃料炉灶 advanced solid fuel stove and cooking stove

2019 年，全国民用煤炉灶耗煤 2.9 亿 t，生物质能直接燃烧消耗 0.9 亿 tce。2019 年，使用小煤炉的居民 1.1 亿户。民用固体燃料炉具热效率低，污染严重。传统煤炉热效率只有 20%，传统烧柴炉灶热效率仅 10%～15%。国内已推出热效率 70%以上的烧煤、烧柴炉灶。推广高效燃煤炉灶，节煤潜力达 1.5 亿 t。

我国居民生活低效利用大量固体燃料带来严重的健康和生态问题。2018 年，我国居民使用固体燃料产生的室内污染，导致呼吸系统疾病死亡 100.2 万人，其中城镇 56.4 万人，乡村 43.8 万人。联合国环境规划署指出，烧生物质和煤的传统炉灶、砖窑和柴油机排放的烟尘中的黑碳，是引起气候变化的第二大因素，仅次于 CO_2。我国民用柴炉排放的黑碳占黑碳总排放量的 40%。大量薪柴低效利用，还导致森林植被破坏，水土流失加剧。

52、农村沼气 rural biogas

沼气是生物质（人、畜粪便、农业和工业有机废弃物等）在厌氧条件下通过微生物分解而成的一种可燃气体，含甲烷 60%～70%，热值约 5500kcal/m^3。

2017 年，全国农村沼气达 4300 万户（含集中供气），约 1.73 亿人受益。全国沼气产量 184 亿 m^3，生产有机肥 5.1 亿 t。使用 184 亿 m^3 沼气替代薪柴，相当于 1.65 亿亩林地的年蓄积量。2019 年，全国产量

198 亿㎡。

53、地源热泵 ground source heat pumps

地源热泵是利用浅层地热的一种地下热交换器热泵系统。浅层地热来自土壤、砂石和地下水。热交换器通常采用垂直埋管，钻井深度一般不超过 50～100m。地源热泵的供热系数一般可达 3～4。地源热泵供暖比燃煤锅炉节能 20% ～ 50%，供冷比冷水机组节能 10% ～ 20%。我国地源热泵发展迅猛，2019 年地源热泵供暖的建筑面积达 8.72 亿 m^2。

54、紧凑型荧光灯 compact fluorescent lamps,CFL

俗称节能灯。是一种新型高效电光源产品，发光效率 80 流明/瓦，寿命 5000～10000 小时。与普通白炽灯相比，发光效率高 5～7 倍，节电 70～75%，寿命长 8～10 倍。由于光效高、显色性好、体积小巧、结构紧凑、使用方便，是替代白炽灯的理想电光源。

CFL 是一种低压汞蒸气放电灯。灯管以专用玻璃管制成，两端是灯丝，灯丝上涂有发射电子的电子粉，灯管内充有少量汞及惰性气体，管壁涂有稀土三基色荧光粉，灯管与镇流器合为一体，不用启辉器。产品有 U、D、螺旋、球、环等形状，配电子或电感镇流器。其发光原理与荧光灯基本相同。通电后，电极发出电子，撞击汞原子，产生紫外辐射，轰击荧光粉产生可见光。

CFL 适用于家庭、宾馆、商场、学校、办公室以及公共建筑照明。我国是世界 CFL 最大生产国和出口国。2014 年产量达 44.7 亿只，占全球的 80%。

55、发光二极管光源 light emitting diode, LED

又称半导体照明。是一种半导体固体发光器件。其发光原理是：利用半导体芯片作为发光材料，当芯片两端加上正向电压时，半导体的P-N结中注入的空穴与电子复合引起光子发射，把电能直接转换为光能。其优点是：光效高，已达 110 流明/瓦，耗电比白炽灯少 80%，比紧凑型荧光灯少 50%；寿命长，超过5万小时，为白炽灯的50倍；不含紫外线和红外线，以及汞、氙等有害物质；90%电能转化为可见光，发热小，白炽灯 80%电能转化为热能，只有 20%转化为光能；所需电压、电流小，安全；无灯线，无玻壳，免维护，不怕丢。缺点是：交流驱动有频闪；光线过亮，只在直径狭小角度内有高亮度；价格高。

LED 初期为红、黄、绿、蓝光，用作仪器仪表指示光源，后来用于交通信号灯，汽车信号灯，大面积显示屏。1998 年推出白光 LED。目前，6～7W 的白光 LED 灯，有 0.06～0.07W 的单管 LED100 颗，可替代 45W 白炽灯。近年我国 LED 产业爆发式发展，2017 年，LED 灯产量 106 亿只，内销 47 亿只，占照明市场的 65%。2019 年，产量 176 亿只，内销 81 亿只，国内照明市场渗透率 70%。

56、智能居住小区 intelligent residential subdistricts

应用计算机、通信、控制等新技术，把物业管理、安防、通信等系统集成，为用户提供安全、舒适、便利的生活环境。有 3 个系统。1，物业管理和安防系统。包括燃气、消防监控、报警系统，可视对讲门警，指纹电子门锁，停车场监控；电、水、气表计量；社区机电设备监控系统。2，信息网络服务与管理系统。包括就业、文化娱乐、旅游、交通、健康信息发布；网上超市、订餐、电子付费等电子商务系统；社区安全、物业设备、人口、车辆管理系统。3，住宅智能管理系统。包括家庭保安监控；防火、防燃气泄漏报警；紧急求助报警；家用电器自动控制；门窗自动开闭；照明自动控制；社区有线电视、按用户要求点播节目、音乐点播等家庭娱乐系统。

我国已建成一批示范智能居住小区。2018 年深圳在建 600 个智能示范小区。

57、智慧城市 smart city

是应用物联网、云计算、大数据、空间地理信息集成等新一代信息技术，构建城市规划、建设、管理和服务的智慧化体系，实现城市化和信息化高度融合的更高级城市形态，创造更加美好的生活。它是城市发展的新理念，城市建设的新机制，城市运行的新模式，城市管理的新方式。智慧城市可节电 25%。

2018 年末，我国有 500 个智慧城市正在建设。试点城市深圳，已建成节能建筑 1.5 亿 m^2，年节电 476 亿 kWh。

58、生态园林城市 eco-garden city

生态城市是按照生态学原则设计、建造的社会、经济与自然协调发展的新型城市。2019 年，我国正在建设 132 个生态园林城市。

正在建设的天津中新生态城，面积 31.2km^2, 规划人口 35 万。2019 年，已居住 10 万人。 已建房屋（住宅、产业、公共建筑）100%是绿色建筑，节能率超过 70%。绿色产业体系包括：国家动漫园，国家影视园，环保产业园，信息产业园，生态科技园。生态社区走廊构成生态的基本构架。绿色交通支撑紧凑型城市。已建生态循环水系统。正在建设智慧城市，已开始推广无人超市和无人售货车，进行 5G 移动网络试点。

59、电动汽车 electric vehicle

有两种：纯电动汽车和混合动力汽车。

纯电动汽车是指完全用车载可充电电池作动力源的汽车。用常用交流插头在家充电，或连接充电桩充电。电池通常采用铅酸电池，近年锂电池增长迅猛。2017 年采用锂电池的国产纯电动汽车，续驶里程已达 450km。需要指出的是，在煤电占发电量比重超过 80%的条件下，纯电动汽车是不节能减排的。目前，中国除湖北、湖南和云南、贵州、四川外，都在 80%以上。因此，中国采用纯电动汽车大体是不节能减排的。

混合动力汽车是以汽油或柴油为基本燃料的内燃机和电动机共同提供动力的汽车。动力源通常是汽油内燃机和充电电动机。这两种动力源在汽车不同行驶状态下分别工作或一起工作，通过这种组合减少燃油消耗和尾气排放。通常起步和低速行驶时，仅靠电力驱动；行驶速度升高或紧急加速时，汽油发动机和电动机同时工作；高速行驶时，电池为空调、音响、前灯、尾灯等供电；减速和制动时，电动机变成发电机，为电池充电。与燃油汽车相比，可节油 15%～25%。与纯电动车相比，它在动力性能、续驶里程、使用方便性方面具有优势。2017 年，国产排量 1.8 升的混合动力汽车的油耗为 1.2 升/100km 。

2019 年，我国电动汽车销量 120.8 万辆，其中纯电动车 84.4 万辆，混合动力车 36.4 万辆。保有量 381 万量，纯电动和混合动力汽车分别为 310 和 71 万辆。

60、电动自行车 electric bicycle

用电池输出的电力驱动的自行车。使用电动自行车既安静又清洁，而且穿行、停车方便，维修保养成本低，可替代燃油轻便摩托车。电动自行车是中国发展最快的交通工具，2000 年只有 5 万辆，2019 年 3.0 亿辆。目前，电动自行车 90%采用铅酸电池，每个电池重 4 ~ 5kg；10%采用锂电池，寿命为铅酸电池的 3 倍。国家标准规定，电动自行整车重量应小于 40kg，时速小于 20km。2017 年，我国摩托车保有量约 9000 万辆。如果全部用电动自行车替代，一年可节省汽油 130 万 t。

61、共享单车 bicycle-sharing

共享单车是一种新型自行车租赁业务。使用方法是：用户凭身份证实名注册登录，并交押金（99 元）——手机点击用车，输入车牌号，根据显示的单车密码开锁骑行——到目的地后，点击结束用车，通过手机支付宝付费（1 小时 1 元，学生减半）。2018 年，全国累计投放 2300 万辆，拥有 2.35 亿用户。

共享单车有明显节能减排效果。据 ofo 和交通部科学研究院发布的《2017 年 1 季度中国主要城市骑行报告》，20 个城市共享单车骑行 5.93 亿 km，相当于节省汽油 4150 万升，减排 CO_2 13 万 t 。

62、绿色交通 green communications

是指减少环境污染、减轻交通拥挤、合理利用资源的可持续交通系统。采取的措施主要有：改进城市规划和交通需求管理，发展公共交通、节能和清洁能源车辆、电动自行车和公共自行车。在市区运送 100 名乘客，小汽车油耗比公共汽车增加 5 倍，排放的有害气体多 15 倍。北京绿色出行（公共交通和自行车）2018 年已达 73%，2020 年将超过 75%。我国城市交通推广共享单车， 2018 年，全国共享单车用户 2.35 亿人。

63、智能交通系统 intellectual transportation system, ITS

是将信息技术、卫星技术、数据通信传输技术、电子控制技术和计算机处理技术结合在一起的自动引导、调度和控制的智能化交通系统。包括：城市交通和高速公路智能调度系统，信号灯自适应系统，基于数字地图和全球定位系统的车载导航系统，驾驶者信息系统，不停车收费系统，紧急情况处理系统

等。它使人、车、路和谐统一，密切配合。完善的智能交通系统可使路网运行效率提高 80% ~ 100%，堵塞减少 60%，交通事故死亡人数减少 30%～70%，车辆油耗和 CO_2 排放量降低 15% ~ 30%。

我国已应用智能交通技术。用于信息采集和发布、公共交通、停车管理、不停车收费（ETC）等方面。到 2019 年 5 月，全国已建成 ETC 专用车道 20809 条，用户 8367 万。每年可节油 2.46 亿升。车辆在不停车收费过程中，可减排 CO_2 50%以上。ETC 车道的通行能力为普通车道的 4 倍，有利于集约用地。

64、车联网 car networking

将物联网技术应用于汽车。车载电子标签通过无线射频识别、卫星导航、移动通信、无线网络等设备，在网络信息平台上提取、利用所有车辆的属性信息，以及静、动态信息，对所有车辆的运行状态进行检测和监管，并提供多项服务，实现“人—车—路—环境”的和谐统一，对节能减排和行车安全有很大促进作用。我国已在智能公共交通、智能停车管理、不停车收费、车辆信息采集等方面应用车联网技术。2019 年，全国车联网用户已达 5016 万户。

65、高速列车 high-speed rail train

据德国航空和空间技术研究院风洞试验，时速 300km 的高速列车每人每公里平均能耗相当于 2.85 升汽油，轿车（150km/h）为 6 升，空中客车为 7.7 升。高速列车节能措施主要有：列车轻量化；流线型车头，光滑平整车体，减小运行空气阻力；制动能量回收利用。

我国研制的 CRH-380 系列电力动车组，最高商业运营时速 380km。2014 年 8 月 28 日上线运行。

我国自主开发的复兴号高速列车，是世界商业运营速度最快的动车组，时速 350km，最高 400km，人均百公里能耗比 CRH-380 下降 17%。CR-400BF 最高达 420km。2018 年 4 月 10 日，复兴号在京沪高速铁路运行，全程 1318km，仅 4 小时 18 分。2018 年 6 月 7 日，复兴号实现时速 350km 自动驾驶。

66、磁悬浮列车 magnetically levitated train

是靠磁悬浮力（磁的吸力和斥力）推动的列车。轨道的磁力使列车悬浮在空中，因此列车只受来自空气的阻力。中国自主研发的中低速磁悬浮列车上浮 8mm 。

2003 年 1 月，世界第一条商业运营的磁悬浮线路在上海诞生，线路长 30km，运营时速 430km。

2015 年 4 月 21 日，日本东海旅客铁道公司挂有 7 节车厢的磁悬浮列车创时速 603km 的世界纪录。

2016 年 5 月 6 日，长沙中低速磁悬浮列车载客试运行，线路长 18.55km，最高时速 100km，载客 363 人。2017 年 12 月 30 日，北京中低速磁悬浮 S1 线开通试运营。2018 年 5 月 23 日，北京第五代磁悬浮列车试运行成功。设计时速 160km，与中低速列车相比，牵引效率提高 10%，能耗下降 20%以上。2018 年初，正式开通。

67、船联网 the ship network

内河航运与物联网融合，实现人船互联、船船互联、船货互联和船岸互联的内河智能航运网络，具有智能识别、定位、跟踪、监控、管理等功能。

2014 年，浙江杭州、嘉兴、湖州，江苏无锡、泰州、镇江等试点城市开始建设船联网。包括船舶航运感知传输网络，水运数据中心监测和数据整合,水路交通监测预警平台，业务协同流程优化水路综合服务体系。采用的技术有：无线射频识别技术（RFID），便捷过闸系统（水上 ETC），电子标签（OBU），全球定位系统(GPS)，自动识别系统（AIS 终端）。AIS 是集网络技术、现代通信技术、计算机技术、电子信息显示技术为一体的数字助航系统，配合 GPS，将船位、船重、船向等动态信息，结合船名、呼号、吃水等静态信息，由甚高频（VHF）频道向附近船舶和岸台广播，得以立刻互相通话协调，采取避让行动。

68、高效电动机 high efficiency motor

是指比通用标准型电动机具有更高效率的电动机。高效电动机从设计、材料和工艺上采取措施，如采用合理的定、转子槽数、风扇参数和正弦组等措施，降低损耗；用冷轧硅钢片代替热轧硅钢片；与变频器集成的变频电动机；高起动转矩永磁电动机等。2019 年我国中小型电动机约有 10 亿台，用电量占全社会用电量的 60%。我国中小型电动机系统运行效率低，比国际先进水平低 10 %~ 20%。我国高效电动机平均效率 90.3%，普通电动机为 87.3%。2019 年，推广高效电动机节电 1480 亿 kWh。

69、信息通信技术 information and communication technologies

信息通信技术是信息技术和通信技术的融合，近 10 多年来迅猛发展，已渗透到经济和社会的各个领域。应用信息通信技术可以大大促进节能减碳。

据国际数据公司的一项研究，中国应用信息通信技术，到 2020 年，可减排 $CO_2$14 亿 t，节能 5.5 亿 tce。仅此一项，就能实现 2020 年碳排放强度比 2005 年降低 40%的目标。应用领域包括：智能电网，智能建筑，智能物流，节能汽车，工业节能，智能电机，以及交通替代和非物质化服务（通信，电子商务，远程办公，远程会议等）。

70、3D 打印 3 dimension printing

即三维打印。是一种激光快速成形技术。采用分层加工、迭加成形、逐层增加材料的方法来生成三维实体。是应用数字化技术的制造工艺和产品的重大创新。使用的材料是可产生固化反应的材料，如树脂、塑料、陶瓷、金属等。其优点是无需机械加工和模具，能直接按照计算机图形数据生成任何形状的物体，可制成汽车、电子、航空航天、钢铁、船舶等高端制造业所需的零部件。加工出的零部件精度和强度高，可实现无缝连接，连接部位的稳定性和强度远高于焊接和加固方法。3D 打印已产业化。我国已用于医疗、航空航天、汽车、军工、模具、电子电器、造船等行业。2017 年 5 月 5 日首飞成功的国产 919 干线飞机，用 3D 打印机打印出世界最大钛合金零件和超临界机翼设计。意大利 XEV 公司研制出世界首款 3D 打印量产电动汽车，2019 年将在中国销售。2018 年，我国 3D 打印开支 15 亿美元，2019 年 19 亿美元。

71、半导体芯片 type semiconductor chip

半导体是导电率介于导体与绝缘体之间的晶体材料。最常用的是元素半导体硅，还有锗；以砷化镓为代表的化合半导体；新一代半导体主要是氮化镓。半导体材料可用化学方法处理，使它具有传导和控制电流的功能。

半导体技术开创信息时代之先河。半导体芯片用途十分广泛，节能潜力巨大。应用领域包括：计算机和服务器，智能通信，互联网，燃油汽车和电动汽车，智能交通系统，照明，电机系统，智能电网，传感器和控制器，风力发电和光伏发电系统。

2019 年，我国芯片 70%靠进口，进口金额达 3040 亿美元，超过石油进口金额 2684 亿美元，是第一大进口商品。

72、互联网 internet

是多台计算机互联，并以网络软件实现网络资源共享和信息传递的系统。

我国拥有全球规模最大的互联网。2020 年 3 月，全国网民达 9.04 亿，普及率 64.5%，其中手机网民 8.97 亿。搜索引擎、网络新闻、网络购物、网上支付、网络直播分别达 6.80、6.77、6.10、6.00 和 3.97 亿。

互联网与包括传统行业在内的经济和社会深度融合，提升全社会的创新力和生产力。

73、物联网 internet of things

在互联网基础上扩展到任何物品与物品之间进行信息交换。它是感知技术、信息传输和分析处理技术，以及人工智能和自动化技术集成应用的一种社会信息系统。应用领域包括：智能制造，电力系统，智能交通，物流，智能家居、社区和城市，城市安保，教育，医疗，环境检测。2019 年全国物联网市场规模达 1.4 万亿元。

74、电子商务 electronic bussiness

电子商务是在互联网上进行商品和服务交易的商务活动。它不受时空限制，每天 24 小时随时随地以多媒体信息提供全程信息服务。电子商务实行无纸交易，可以做到生产和销售无库存，直销减少交易过程损耗，是一种高效、经济、节能的营销模式。

电子商务主要有 4 种模式。B2B。英文 two（2）的发音同 to。企业之间的电子交易，如阿里巴巴。是应用最广的电子商务模式，目前占电子商务市场的 85%。企业通过网络寻找最佳合作伙伴，紧密结合，从而促进业务发展。B2C。企业与消费者之间的交易，通过网络开展在线销售活动，如京东商城。C2C。

消费者之间的交易。卖方提供商品上网拍卖，买方选择商品进行竞价，如淘宝网。B2M 企业对销售商或职业经理人，是为企业提供网络营销委托的电子商务的服务商，选择和开发市场，实现销售增长，提高市场占有率。

2019 年，我国电子商务交易额达 34.81 万亿元，占零售总额 36.6%，美国占 16%。

75、移动支付 mobile payment

也称手机支付。是一种便捷的电子支付方式。用户用手机支付所消费的商品或服务的费用，手机向银行发送支付指令，实现资金转移。

移动支付平台主要是支付宝和微信。阿里巴巴公司旗下的支付宝，先注册一个账号，手机与银行卡联通，往银行卡里存钱，输入账号和密码后付款。微信是腾讯公司的支付业务品牌，也是绑定银行卡。

2018 年，我国移动支付总额达 277.4 万亿元，2019 年 347.1 万亿元。

76、人工智能 artificial intenlligence

人工智能是用机器仿真或模拟人的智能的系统。正在推动经济和社会的创新发展。它是智能制造和智能交通的核心技术，并已在智能手机、安防、医疗、教育和金融等领域应用。人工智能对促进经济增长、提高生活质量具有重要意义。国家“新一代机器人和人工智能发展规划”指出，“到 2020 年，人工智能产业成为新的重要经济增长点。”“2020 年人工智能相关领域价值将达 1 万亿元。”

2015 年，工业和信息化部实施 46 个智能制造试点示范，生产效率提高 30%，节能 9.5%。2018 年，全国人工智能市场规模 281 亿元。2019 年，中国人工智能企业已有 1189 家，美国 2169 家。

77、云计算 cloud computing

是一种基于互联网的计算新技术。在计算机流程图中，互联网通常以云状图案来表示，形象地类比为云。云计算通过网络把多个计算机和服务器整合成一个具有强大计算能力的系统。终端用户可以通过网络利用这种系统处理数以千万甚至亿计的信息。这意味着只要连上网络，就能得到世界上所有强大的计算机包括超级计机提供的服务，如世界运算速度最快的中国“天河一号”超级计算机，其峰值速度达每秒 5.49 亿亿次。“云”就是计算机群，每朵“云”有几十万甚至上百万台计算机。云计算不用担心资料丢失，但共享、动态的云计算资源减弱了用户的控制能力，给信息安全带来新的挑战。

我国已掌握云计算的核心技术，主要云计算平台、计算能力和数据处理能力已跻身世界前列。应用领域迅速扩展，目前包括医药医疗，制造，能源，金融，交通，电信，电子政务，教育，科研等。2019 年，我国云计算市场规模 193 亿美元，美国 1092 亿美元。

云计算可促进工业生产方式向数字化、网络化和智能化变革，大幅降低企业尤其是中小企业信息化成本，促进大众创业，万众创新。

78、大数据 big data

是指对网络上海量文本、图像、音频和视频数据进行采集、分析、加工和利用。大数据量大，类型多样，生成速度快，是一般软件工具难以捕捉、存储、管理和分析的数据。大数据已经成为新知识的一个主要来源，是信息产业最具发展潜力的技术。我国是大数据产业发展最快的国家之一，大数据正在快速、广泛、多维度、多层次普及应用，包括能源开发，电力，智慧城市，智能交通，电子商务，通信，医疗，教育，游戏，旅游，服装，房地产，银行，证券，保险，食品安全，气象，海事等。应用大数据可提高企业和政府的管理效率，优化资源配置，促进社会稳定。2019 年全国大数据总体收益 96 亿美元，美国 980 亿美元。

79、5G 通信 5th generation mobile network

第 5 代移动通信技术。为适应移动数据迅速增长的需求，建立第 5 代网络，数据传输速率比第 4 代网络快 100 倍，可提供千亿设备的连接能力，响应时间低于 1 毫秒，4 代网络为 30~70 毫秒。

80、碳捕集和封存 carbom capture and sequestration,CCS

将化石燃料产生的 CO_2 捕集，并长期封存在地质结构中。

将 CO_2 注入油气层，可起到驱油气作用，提高油气采收率，同时封存 CO_2；将 CO_2 注入煤层，可置换出 CH_4，提高煤层气采收率。CCS 可使工业源和燃煤电厂的 CO_2 排放量减少 85%左右。因此，CCS 可望成为减少温室气体排放的一项关键技术。

2018 年，全球 CCS 项目已达 21 个。近年我国 CCS 发展迅速，2018 年已建成十多个中试和示范项目。

2010 年建成的华能上海石洞口电厂 CO_2 捕集项目，是目前全球最大的燃烧后 CO_2 捕集示范工程，年产纯度 99.9%的 $CO_2$10 万 t，占上海 CO_2 用量的 2/3。2012 年，神华 10 万 t/aCCS 项目建成投产，从煤炭直接液化生产线捕集的 CO_2，注入深 1000 ~ 3000m 的咸水层中封存。神华 CCS 是目前全球最大的煤基全流程 CCS 项目。2018 年，陕西延长煤制天然气碳捕集封存项目建成投产，每年捕集 41 万 tCO2, 封存在 140km 以外的齐家洼油田。吉林油田 2014 年建成的 CCS 项目，到 2018 年已埋存 $CO_2$170 万 t。

CCS 是高耗能、高耗水、高成本技术。2016 年，CCS 减排 1 吨 CO_2 的成本高达 65 美元，电厂捕集和压缩 CO_2 耗电使发电效率下降 10%以上，耗水增加 1 倍。我国煤电容量巨大，大规模采用 CCS 的可行性和前景存在很大不确定性。

能源领域世界之最

1、煤炭可采储量最多的国家

中国，2019 年末，2704 亿 t，居世界首位。

2、石油可采储量最多的国家

委内瑞拉，2019 年末，480 亿 t，占世界总储量的 19.6%。

3、天然气可采储量最多的国家

俄罗斯，2019 年末，38.0 万亿 m^3，占世界总储量的 19.1%。

4、页岩气技术可采储量最多的国家

中国，2018 年，2253 亿 m^3。

5、最大煤田

中国，新疆准东煤田，探明储量 2136 亿 t。

6、最大油田

陆上：沙特阿拉伯加瓦尔油田，1948 年发现，可采储量 115 亿 t。

海上：沙特波斯湾萨法尼亚油田，可采储量 360 亿桶。

7、最大气田

陆上：俄罗斯乌连戈伊气田，探明储量 8.06 万亿 m^3。

海上：伊朗南帕斯气田，探明储量 8 万亿 m^3。

8、经济可开发水能资源最多的国家

中国，401.8GW，1753.4TWh。

9、一次能源总产量最大的国家

中国，2019 年，39.7 亿 tce。

10、原油产量最大的国家

美国，2019 年，746.7Mt。

11、原油加工能力最大的国家

美国，2019 年，18974 千桶/日。

12、煤产量最大的国家

中国，2019 年，3850Mt，占世界总产量的 47.4%。

13、焦炭产量最大的国家

中国，2019 年，471.3Mt, 占世界总产量的 60%以上。

14、天然气产量最多的国家

美国，2019 年，9209 亿 m^3，占世界总产量的 23.1%。

15、煤层气产量最多的国家

美国，2015 年，660 亿 m^3。此后下降。

16、页岩气产量最多的国家

美国，2018 年，6791.4 亿 m^3。

17、发电量最多的国家

中国，2019 年，7503.4TWh，占世界总量 27.8%。

18、水力发电最多的国家

中国，2019 年，1304.4TWh，占世界总量 29.4%（2018 年）。

19、小水电最多的国家

中国，2019 年，81.4GW，235.3TWh。

20、水电占发电量比重最大的国家

哥斯达黎加，2018 年，占总发电量 98.15%。

21、超超临界机组最多的国家

中国，2019 年，百万千瓦超超临界机组有 111 台在运行。

22、最长特高压输电线路

中国，酒泉—湖南±800kV 线路，全长 2386km，年输电 400 亿 kWh 。2018 年建成。

23、核电最多的国家

美国，2019 年，9870MW，809.4TWh。

24、核电占发电量比重最高的国家

法国，2019 年，68.3%.

25、在建核电站最多的国家

中国，2020 年在建 14 座反应堆，1553 万 kW。

26、铀产量最多的国家

哈萨克斯坦，2018 年，2.16t。

27、地热电站装机容量最多的国家

美国，2019 年，3.68GW。

28、地热占一次能源消费量最大的国家

冰岛，2018 年，96%。

29、风力发电装机容量最多的国家

中国，2019 年，210.1GW。

30、风电占总发电量比重最大的国家

丹麦，2018 年，41.0%。

31、光伏电池产量最多的国家

中国，2019 年，128.6GW。

32、光伏发电量最多的国家

中国，2019 年，224.3TWh。

33、生物质能直接燃烧最多的国家

中国，2018 年，80Mtce。

34、沼气产量最多的国家

中国，2019 年，198 亿 m^3。

35、生物质发电装机容量最多的国家

美国，2019 年 76.2GW。

36、生物燃料产量最多的国家

美国，2019 年，37.0Mtoe。

37、太阳能热水器使用最多的国家

中国，2019 年，集热面积 47240 万 m^2。

38、地热直接利用最多的国家

中国，2019 年，63.8Mtce。

39、最大石油公司

沙特阿拉伯国家石油公司，2019 年，原油产量 556.6Mt。

40、最大天然气公司

俄罗斯天然气工业股份公司，2019 年，产量 4951 亿 m^3。

41、最大煤炭公司

印度煤炭公司，2019 年，产量 5.8 亿 t。

42、最大电力公司

中国国家能源集团，2019 年装机容量 246.4GW，发电 9640 亿 kWh。

43、最大煤矿区

中国神木-东胜，2018 年煤产量 5 亿 t。

44、最大矿井

中国神木—东胜矿区大柳塔矿，2014 年，原煤产量 3851 万 t，2018 年 3300 万 t。

45、最大露天煤矿

美国怀俄明州 North Antelope Rochelle 矿，2018 年产量 9840 万 t。

46、最大燃煤电站

中国内蒙古托克托电站，2019 年装机容量 6720MW，发电 2653 亿 kWh。

47、最大燃油电站

沙特阿拉伯舒艾拜电站，2019 年装机容量 5600MW，用于海水淡化厂。

48、最大燃气电站

俄罗斯苏古特电站，装机容量 5597MW。

49、最大水电站

中国三峡水电站，装机容量 22.4GW，2018 年发电 1016 亿 kWh，2019 年 969 亿 kWh。

50、最大核电站

日本，柏崎核电站，8212MW 。受 2011 年 3 月 11 日九级大地震影响，第一核电站 6 台机组全部报废，第二核电站 4 台机组停运至今。

51、最大新建核电站

中国阳江核电站，装机容量 6500MW，6 台机组，2019 年 7 月全部投产。

52、最大地热电站

美国盖瑟尔斯地热电站，2018 年装机容量 1520MW，1988 年曾达 2043MW。

53、最大风电场

陆上：中国酒泉风电场，2020 年装机容量 9571MW。

海上：英国，2018 年，820MW。

54、最大光伏电站

印度帕瓦加达光伏电站，2019 年 2050MW。

55、最大太阳热发电站

迪拜太阳热能发电站，装机容量 700MW，2020 年在建。

56、最大生物质电站

英国德拉克斯电站，3960MW，掺烧石油焦。

57、一次能源消费量最大的国家

中国，2019 年，4860Mtce，占世界总消费量 24.7%。

58、石油消费量最大的国家

美国，2019 年，918.8Mt，占世界总消费量 19.5%。

59、最大炼油厂

印度贾姆讷格尔炼油厂，2018 年，年加工能力 62Mt。

60、战略石油储备最多的国家

美国，2019 年 9 月 19 日，8600 万 t，可用 139 天。

61、煤炭消费量最大的国家

中国，2019 年，3939Mt，占世界总消费量 53.8%。

62、天然气消费量最大的国家

美国，2019 年，8466 亿 m^3，占世界总消费量 21.6%。

63、煤占一次能源消费量比例最高的国家

波兰，2017 年，78.4%。

64、石油占一次能源消费量比例最高的国家

新加坡，2019 年，86.7%。

65、天然气占一次能源消费量比例最高的国家

特立尼达和多巴哥，2019 年，88.7%。

66、核电占一次能源消费量比例最高的国家

法国，2019 年，36.8%。

67、水电占一次能源消费量比例最高的国家

挪威，2019 年，67.4%。

68、人均用电量最多的国家

冰岛，2018 年，50613kWh。

69、人均生活用电最多的国家

科威特，2014 年，7882kWh 。

70、无电人口最多的国家

印度，2019 年，9900 万，占总人口的 7.4%。

71、高速铁路里程最长的国家

中国，2019 年，3.5 万 km，占全球的 2/3。

72、最快的高铁动车组

中国，2019 年，复兴号动车组，商业运营时速 350km，最高 400km 。

73、运煤最多的铁路

中国大同—秦皇岛铁路线，2019 年，运煤 567Mt。

74、电动汽车保有量最多的国家

中国，2019 年，381 万辆。其中纯电动汽车 310 万辆，混合动力汽车 71 万辆。

75、电动自行车最多的国家

中国，2019 年，保有量 3 亿辆。

76、最繁忙机场

美国亚特兰大国际机场，2019 年，进出 1.105 亿人次。第二，北京国际机场，1.0 亿人次。

77、LED 灯产量最大的国家

中国，2019 年，生产 176 亿只，内销 81 亿只。

78、最大原石油出口国

沙特阿拉伯，2019 年，出口 358.4Mt。

79、最大石油进口国

中国，2019 年进口原油 505.7Mt。

80、超大型油轮

中国，2020 年，20~30 万 t 级超大型油轮船队达 84 艘。

81、最大煤炭出口国

印度尼西亚，2019 年，出口 448Mt，占世界的 33.2%。

82、最大煤炭进口国

中国，2019 年，进口 299.7Mt。

83、最大管输天然气出口国

俄罗斯，2019 年，出口 2172 亿 m^3，占世界管输天然气贸易量的 27.1%。

84、最大天然气进口国

中国，2019 年，进口 1323 亿 m^3，其中管道气 507 亿 m^3，LNG816 亿 m^3。

85、最大液化天然气出口国

卡塔尔，2019 年，出口 1071 亿 m^3，占世界液化天然气贸易量的 22.1%。

86、最长输气管道

中国中亚输气管道 A/B 线，从土库曼斯坦经乌兹别克斯坦和哈萨克斯坦，由新疆霍尔果斯入境，与西气东输二线连接，穿越 15 个省（市，区）到广州，全长近 10000km，年输气能力 300 亿 m^3，2009 年 12 月投运。C 线长 1830km，年输气能力 250 亿 m^3，2014 年 6 月通气。2019 年，中亚输气管道输气 479 亿 m^3 。

87、最大海上钻井平台

中国蓝鲸 2 号，最大作业水深 3658m，最大钻井深度 15250m，2018 年 8 月交付。

88、最大露天矿用挖掘机

中国太重集团 WK-75 型，斗容 75m^3，2012 年出厂。

89、最大露天煤矿自卸卡车

白俄罗斯制造的别拉斯-75710 型，载重 450t，最大载重超过 500t。

90、煤矿事故死亡率最低的国家

澳大利亚，2000 年以来，基本实现零死亡，年死亡人数不超过 3 人，多年零死亡。

91、煤矿事故死亡人数最多的国家

中国，2019 年，事故死亡 316 人。

92、最严重的停电事故

印度，2012 年 7 月 31 日 13 时发生，造成北部、东北部和东部超过国土面积一半地区的 6.7 亿人口（占全国人口 43%）电力供应中断，15 个小时后基本恢复正常。

93、单位产值能耗最低的国家

英国，2019 年，97.4tce/百万美元 GDP。

94、火电厂供电热耗最低的国家

意大利，2011 年，275gce/kWh。

95、钢可比能耗最低的国家

德国，2006 年，576kgce/t。

96、水泥综合能耗最低的国家

德国，2014 年，97kgce/t。

97、政府支出的能源科研费用最多的国家

美国，能源部，2018 年度，109.3 亿美元。

98、空气污染最严重的城市

伊朗，扎布尔，2020 年，PM2.5 浓度，217 微克/$㎥$。中国，邢台，128 微克/$㎥$

99、二氧化硫排放量最多的国家

印度，2016 年超过中国的 17.6Mt。

100、二氧化碳排放量最多的国家

中国，2019 年，8990Mt。

能源名词释义

1、化石燃料资源与储量
2、单位 GDP 能耗
3、单位工业增加值能耗
4、物理能源效率
5、节能率
6、终端能源消费量
7、生物质燃料消费
8、工厂法行业能源消费统计
9、电气化程度
10、能源消费弹性系数
11、能源价格弹性
12、能源需求收入弹性
13、重化工业
14、高技术产业
15、高端装备制造业
16、规模以上工业企业
17、中小微型工业企业
18、产业集中度
19、剩余可采储量
20、原煤和商品煤
21、单位产品综合能耗
22、发电煤耗
23、输电线路损失率
24、钢可比能耗
25、炼油单位能量因素能耗
26、产品物理能源效率
27、高标号水泥
28、平板玻璃重量箱
29、标准砖
30、换算吨公里
31、产品原料结构
32、采暖度日数
33、能效比
34、外部成本
35、差别电价
36、居民用电阶梯电价
37、标杆电价
38、可再生能源电价
39、两部制热价
40、能源偿还期
41、碳锁定
42、净能比

1、化石燃料资源与储量 resources and reserves of fossil fuels

化石燃料的资源与储量通常分为资源量、探明储量和可采储量。按照世界能源委员会的定义，化石燃料资源是“自然界赋存的、已查明和推断的资源的数量。这些资源已证明在经济上有开采价值，或在可预见的时期内有经济价值。”

探明储量是“经过详细勘探，在目前和可预期的当地经济条件下，可用现有技术开采的储量。”

可采储量是“截止某一日期（通常是某年末）可从探明储量中开采到地面的储量。”也就是某一日期累计探明储量扣除累计产量，再乘以采收率。

我国 2004 年《矿产资源/储量分类》基本与国际接轨。但名词术语仍有明显差异，令人费解。分为 4 类：储量，基础储量，资源量，查明资源储量。“资源量”大致与国际分类相当。“基础储量”大致相当于国际分类中的探明储量，但“基础储量”中包括普查储量。因此“基础储量”大致相当于国际分类中探明储量的 2/3。“查明资源储量”相当于国际分类中的可采储量。

2019 年，我国煤炭资源量为 38796 亿 t（1500m 深度内），累计探明储量 1.77 万亿 t，剩余可采储量 2704 亿 t。

2、单位 GDP 能耗 energy consumption for unit GDP

也称能源强度（energy intensity）。是指一个国家或地区单位 GDP 消耗的能源量，通常以吨（或公斤）油当量（或煤当量）/万元（或万美元）来表示。它反映经济对能源的依赖程度，受一系列因素的影响，包括经济结构、经济体制、技术水平、能源结构、人口等。

把单位 GDP 能耗当作各地区绩效考核的指标，或进行国际比较，存在明显缺陷。一是当年 GDP 包含过去能源消耗和对未来 GDP 的贡献，导致能源效率被低估或高估。二是由于发展阶段、经济结构、资源条件的差异，以及能源贸易和汇率等因素，地区间和国际间可比性差。

3、单位工业增加值能耗 energy consumption for unit value-added of industry

每产生一个单位的工业增加值所消耗的能源量。工业增加值是工业企业在报告期内以货币形式表现的工业生产活动的最终成果。工业增加值 = 工业总产出－工业中间投入－应交增值税。

我国分行业能源平衡表按一次能源计算，未扣除能源加工、转换和贮运损失，也未扣除平衡表中工业部门用于交通运输的汽油和柴油。因此，单位工业增加值能耗下降形成的节能量失真。有关部门计算的工业增加值能耗下降节能量比全国 GDP 能耗下降节能量还高。

4、物理能源效率 physical energy efficiency

是指在使用能源（开采、加工转换、贮运和终端利用）的活动中，所得到的起作用的能源量与实际消耗的能源量之比。能源系统的效率由三部分组成：

开采效率 mining efficiency

即回采率或采收率，用从一定能源储量中开采出来的产量的热值与储量的热值之比来衡量。

加工和转换效率 processing and conversion efficiency

是起作用的能源的产量与加工转换时投入的能量之比，其差额即加工转换过程中的损失和耗用的能源。“加工”是指煤、石油、天然气、铀矿等的精选或炼制。“转换”则是包括炼焦、发电、产热、气化、液化等一次能源变成二次能源的过程。

储运效率 storage and transportation efficiency

用能源输送、分配和储存过程中的损失率来衡量。一般不包括自身消耗的能源，但输电线路中的变压器和管道输送泵所消耗的能源计算在内。

终端利用效率 end-use efficiency

是指终端用户得到的有用能与过程开始时输入的能源量之比。

能源系统总效率 total efficiency of energy system

是能源开采效率、加工转换效率、储运效率和终端利用效率的乘积。通常所说的“能源效率”是指后三个环节的总效率。

2018 年，我国能源效率（加工、转换、储运和终端利用）为 39.4%。

5、节能率 energy saving rate

节能量与比较基准期的相应能源消费量之比。通常按单位 GDP、工业增加值节能量或单位产品节能量计算。我国 2019 年万元 GDP 能耗下降节能率为 2.6%。

6、终端能源消费量 final consumption of energy

按照国际通行的能源平衡定义，终端能源消费量等于一次能源消费量扣除能源工业（我国分 5 个行业：煤炭开采和洗选，石油和天然气开采，石油加工和炼焦，电力、热力生产和供应，燃气生产和供应）所用的能源和一次能源加工、转换、输送损失（火力发电损失，选煤、石油加工、炼焦损失，输电损失等）。中国能源平衡表按电力折标准煤方法列出两组数据，即发电煤耗法和电热当量法。平衡表中按发电煤耗法计算的终端能源消费量未扣除能源工业所用能源和发电等损失；按电热当量法计算的终端能源消费量，扣除了发电等损失，但未扣除能源工业所用能源。我国 2018 年终端能源消费量为 3205.5Mtce，占一次能源消费量的 69.9%。

7、生物质燃料消费 biomass fuel consumption

国际能源署的统计称为“可燃可再生能源”。是指直接燃烧的薪柴、秸秆等生物质能的消费量。2019 年，我国用于居民炊事和取暖的生物质燃料消费量为 90Mtce。

8、工厂法行业能源消费统计 statistics of trade energy consumption by factory method

我国分行业能源消费统计至今沿用“工厂法”，即按照各行业企业的能源消费量来统计，而不是按产业活动原则分类。因此，交通运输用油只统计交通部门运营车辆用油，农业、工业、建筑业、服务业和私人汽车用油计入相应行业和居民生活汽油和柴油消费量中。2017 年，其他部门和私人汽车汽油消费量占总消费量的 47.3%。能源平衡表中分行业终端能源消费量另一项与实际消费量相差很大的是建材工业用能，因为只统计本行业企业用能，而其他行业也大量生产建材。2017 年，其他行业建材生产的能源消费量约占总消费量的 31.4%。

9、电气化程度 electrification level

电气化可定义为能源需求向电力转化的过程，也就是用来替代其他形式能源的电力的需求不断增长的过程。电气化程度，即社会经济发展对电力的依赖程度，通常用两个指标来衡量：一是发电能源占一次能源总消费量的百分比，它反映电力在能源系统中的地位；二是电力占终端能源总消费量的百分比，用来度量各类用户的电力消费水平，说明电力对社会经济发展的作用。此外，单位 GDP 用电量、人均用电量、人均生活用电量等，也是衡量电气化程度的重要指标。

我国电力占终端能源消费量的比重，2000 年为 14.8%，2018 年提高到 25.5%。我国人均用电量和人均生活用电量 2019 年分别为 5157kWh 和 734kWh。

10、能源消费弹性系数 elasticity of energy consumption

一个国家或地区某一年度一次能源消费量增长率与 GDP 增长率之比。它反映能源与经济增长的相互关系。由于产值和能耗都是综合性指标，涉及经济结构、管理体制、资源状况、技术水平、人口多寡、气候条件以至国际关系等许多因素。因此在一个国家的年度之间以及不同国家之间有很大的差异。第一

次石油危机以来，能源来源和品种趋于多样化，节能取得很大进展，各种能源之间的相互替代复杂多变，能源市场更加灵活，国际化更为突出，电气化进程加速。这些因素使得能源与经济的相互关系发生畸变，总的趋势是从紧密相关变得没有规律，甚至脱节。因此能源消费弹性系数不宜用作预测能源需求的依据。

11、能源价格弹性 energy price elasticity

是能源价格上升 1%，能源需求减少的百分数。按能源类别和不同用途（工业、运输和民用）得出短期和长期的价格弹性，用来进行能源需求和节能预测，并分析能源价格变化对经济的影响。我国 1953～2005 年能源价格弹性为 0.37。

12、能源需求收入弹性 income elasticity of energy demand

是人均收入每增长 1%所引起的能源需求增长的百分数。是能源需求预测的一项重要参数，1981～2002 年长期收入弹性中国为 0.44，日本 0.78，印度 0.84。

13、重化工业 heavy-chemical industry

按照中国的工业分类，工业分为重工业和轻工业。重工业是指为国民经济各部门提供主要生产资料的工业，分为采掘业（伐）工业、原材料工业和加工工业三类。

早先曾按产品单位体积重量来划分轻、重工业，同时把化学工业单列，工业分为重工业、化学工业和轻工业。把重工业和化学工业放在一起，称为重化工业。从 2013 年开始，国民经济行业分类，不再采用“轻工业”和“重工业”分类。行业分为：采矿业、制造业、电力、热力、燃气及水生产和供应业。

14、高技术产业 high technology industry

按国家统计局《高技术产业统计分类目录》的规定，高技术产业包括：航空航天制造业，电子和通信设备制造业，电子计算机及办公设备制造业，医药和医疗设备制造业，仪器仪表制造业。

15、高端装备制造业 top-grade equipment manufacturing

是我国战略性新兴产业之一。包括：航天装备；空间基础设施建设；卫星及其应用产业；城市轨道交通；海洋工程装备；以数字化、柔性化、系统集成技术为核心的智能制造装备。

16、规模以上工业企业 industrial enterprises above designated size

是指年主营业收入在 2000 万元（2011 年以前为 500 万元）以上的法人工业企业。

17、中小微型工业企业 medium、small and mini-sized industrial enterprises

中小型工业企业是指职工数在 2000 人以下，或销售额 3 亿元以下，或资产总额 4 亿元以下的工业企业。其中，中型工业企业是指同时满足职工数 300 人以上、销售额 3000 万元以上、资产总额 4000 万元以上的工业企业；其余为小型工业企业。2011 年 7 月 4 日起，新增“微型”类，微型工业企业是指从业人员 20 人以下，或营业收入 300 万元以下的企业。

18、产业集中度 industry centralization level

是反映行业企业规模结构的指标。以某一行业企业的平均年产量，大、中、小型企业产量占比，或前 5 名、前 10 名企业产量占比来表示。我国高耗能行业小企业单位产品能耗比大型企业高 30%以上。产业集中度对工业部门的能源效率有很大影响。

19、剩余可采储量 remaining recoverable reserves

截止某一日期保有的煤炭、石油、天然气可采储量。根据我国 1999 年发布的与《联合国国际资源/储量分类框架（固体燃料和其他矿产）》接轨的《固体矿产资源/储量分类》国家标准，探明可采储量是在现有的经济和生产条件下，可从探明储量中开采到地面的数量，也就是探明储量乘采收率（回采率）。因此，可采储量会随着开采技术的进步而增加。探明储量是指经过详细勘探，在目前和预期的当地经济条件下，

可用现有技术开采的数量。我国 2019 年石油剩余可采储量 36.0 亿 t。

20、原煤和商品煤 raw coal and salable coal

原煤是指从毛煤中拣出规定粒度的矸石（包括黄铁矿硫等杂质）后的煤。毛煤是煤矿开采出来后未经任何加工处理的煤。商品煤是指原煤经过洗选筛分减少其中所含的灰分、硫分等杂质后出售的煤。我国煤产量按原煤计量，其他国家通常按商品煤计量。商品煤占原煤的比重，美国约 86%，澳大利亚 81%，波兰 76%。2018 年，我国煤产量按原煤计为 3683Mt，按商品煤计为 3207Mt。

21、单位产品综合能耗 full energy consumption for unit products

是指生产单位产品所消耗的能源量，包括一次能源、二次能源以及耗能工质消耗的能源。二次能源和耗能工质一般按等价热值（发电煤耗）计算。综合能耗通常以千克标准煤为计量单位。

综合能耗可以反映企业的用能状况。但各种产品或同一产品的不同工艺的能耗结构有很大差异，如有的几乎完全用煤，有的绝大部分用电，而相同热值的煤和电的价值相差很大，因此不能真实反映节能降耗的经济效益。应把单位电耗和单位燃料消耗分开统计。

我国从 2006 年开始，产品综合能耗中的电耗折标准煤的方法由发电煤耗法改为电热当量法。而国外所有国家都采用发电煤耗法。2019 年，我国大中型钢铁企业按电热当量法计算的综合能耗为 553kgce/t，按发电煤耗法为 626kgce/t。全行业煤耗法可比能耗为 605kgce/t。

22、发电煤耗 gross coal consumption rate

又称发电热耗。火力发电厂每发 1kWh 电能平均耗用的燃料按热值计算的标准煤量。主要取决于发电能源结构和机组容量。燃油、气电厂厂用电率较低。2018 年，我国供电热耗 308gce/kWh，煤、油、气占火力发电比重分别为 66.5%、0.2%和 3.1%。世界先进水平意大利供电热耗为 275gce/kWh，煤、油、气占火力发电比重分别为 12.6%、3.8%和 43.8%。

23、输电线路损失率 loss factor of electricity transmission

是指一定时间内，电能沿输电线路传输和通过变压器时，所产生的容量和电量损耗。即从发电厂变压器一次侧起，经送电和配电线路、降压变电站到用户，所发生的全部电能消耗和损失。在我国的统计中，由于农村电网大部分电能是趸售的，这部分电能的低压配电损失未计在内。目前，农村电网低压配电损失约 12%。因此，全国实际输电线路损失率远高于公布的统计数据（2019 年为 5.93%）。

24、钢可比能耗 comparable energy consumption for steel

我国钢铁企业吨钢综合能耗的统计范围与国外有很大差异。国外钢铁企业一般只包括烧结、炼铁、炼钢、轧材、铁合金等主要生产工序，而我国钢铁企业除上述工序外，还包括耐火材料、炭素、焦化、机修等辅助工序。因此，为便于国内外比较，按照国外的统计范围来计算吨钢综合能耗，叫做可比能耗。

2019 年，我国钢可比能耗为 605kgce/t，比国际先进水平 576kgce/t 高 5.0%。

25、炼油单位能量因素能耗 energy factor consumption for petroleum refining

“能量因素”是反映炼油厂加工深度的指标。加工深度高单位能耗必然增大，所以“单位能耗”不宜直接对比。引入“单位能量因素能耗”作为对比的指标是国际通行的方法。“能量因素”是根据“单位能耗”和炼油装置的组成计算得出的。我国 2014 年 9 月 1 日开始实施的《炼油单位产品能源消耗限额》（GB-30251-2013）规定，现有炼企业单位能量因素能耗≤11.5kgoe/t；新建企业单位综合能耗≤63 kgoe/t，单位能量因素能耗≤8 kgoe/t。2018 年，综合能耗 57.2kgoe/t，单位能量因素能耗为 8.5kgoe/t。

26、产品物理能源效率 physical energy efficiency of product

是指产品生产过程中有用能消耗量与过程开始时输入的能源量之比。产品物理能源效率 ＝ 单位产品理论能耗或电耗/产品实际能耗或电耗。例如，2019 年中国钢可比能耗为 605kgce/t，理论能耗 440kgce/t，能源效率为 72.7%。电解铝交流电耗为 13257kWh/t，理论电耗 6330kWh，能源效率为 47.7%。

27、高标号水泥 high-grade cement

标号为 42.5 及上（42.5R，52.5R，62.5，62.5R）的水泥。标号 42.5 代表按水泥∶标准砂 1∶3 制成的 7.07×7.07×7.07cm 立方体试块完全硬化时的抗压强度为 42.5 兆帕。用高标号水泥替代 32.5 低标号水泥，可节省水泥 15%。2018 年，我国高标号水泥产量占比为 54%。

28、平板玻璃重量箱 sheet glass weight-box

平板玻璃计量单位。1 重量箱平板玻璃重 50kg，厚 2mm 的平板玻璃 1 重量箱 $10m^2$。

29、标准砖 standard brick

砖的计量单位。标准砖尺寸为 240×115×53mm，包括 10mm 厚的砖缝，长宽厚之比为 4∶2∶1。2 片瓦折合 1 块标准砖。

30、换算吨公里 conversion t-km

换算吨公里 = 货运吨公里 + 客运人公里 × 折算系数。铁路客运折算系数为 1t/人，公路客运为 0.1t/人，水路客运为 1t/人，民航客运国内航线为 72kg/人，国际航线为 75kg/人。

31、产品原料结构 product raw material mix

是指生产某种工业产品所用各种原料占产品产量的比重。它对产品能耗有很大影响。例如，煤制合成氨的单位产品能耗比天然气高 30%。2018 年，我国煤占合成氨原料的 75%，天然气占 22%，产品综合能耗为 1453kgce/t；美国合成氨原料天然气占 98%，产品综合能耗为 990kgce/t。

32、采暖度日数 heating degree-days

是指室外日平均气温与采暖基准温度之差值。是计算和评价建筑物采暖或供冷所需能源的户外平均温度的指标。国际上通常采用 18°C 作为采暖基准温度。平均温度低于基准温度的日子，均计算采暖度日数。例如，某地某日日平均气温为-3°C，当日的采暖度日数即为 $18-(-3)=21$。将同年（或同月）各日的采暖度日数累计，即得该年（或该月）的采暖度日数。

与相同纬度的欧美国家城市相比，我国城市的采暖度日数较高。以 18°C 为基准温度的采暖度日数，哈尔滨（北纬45.7°）为5578，长春（北纬43.6°）为5172，沈阳（北纬41.8°）为4291，北京（北纬39.8°）3076；而纬度较高的德国柏林（北纬 52.5°）仅为 3420，加拿大温哥华（北纬 49.2°）只有 2924。由此可以看出，我国冬天气候较为寒冷，建筑节能与提高建筑舒适性的问题更为突出。

33、能效比 energy efficient ratio, EER

在额定工况和国家规定条件下，空调器制冷运行时，制冷量与有效输入功率之比，用 W/W 表示。

34、外部成本 external cost

能源外部成本是指能源生产利用的环境和社会成本，以及为确保能源供应所付出的代价。煤炭的环境成本是开采、加工、贮运和燃烧过程中对环境和公众健康造成的损害，包括空气污染，水污染，土壤污染，土地破坏，水资源破坏，生态破坏，建筑损害，人体健康损害等。

35、差别电价 differential electricity price

对高耗能企业（电解铝，铁合金，电石，烧碱，水泥，钢铁，黄磷，锌冶炼）用电采取不同的价格。允许类和鼓励类企业执行正常电价，限制类企业加价 0.2 元/kWh，淘汰类企业加价 0.3 元/kWh。2014 年 7 月 1 日起，淘汰类企业加价 0.4 元/kWh。2017 年 1 月 1 日起，钢铁工业淘汰类企业家加价 0.5 元/kWh。

36、居民用电阶梯电价 stepped electricity price for residents

按照用户消费的电量分段定价，电价随用电量增加呈阶梯状逐级递增的一种定价机制。这种定价机制遵循"多耗能多付费"的原则，是运用价格杠杆促进节能减排的定价模式。2012 年 7 月 1 日起，在全国范围内试行。阶梯电价按每户月用电量分为三档。一、二、三档分别为 210kWh 以下，电价不上调；201～400kWh，加价 0.05 元/kWh；超过 400kWh，加价 0.3 元/kWh。电价不上调的第一档电量覆盖率都在 80%以上，上海、北京、四川、陕西第一档每户每月用电量分别为 260、240、180 和 150kWh。

37、标杆电价 range pole electricity price

是指为推进电价市场化改革，国家在经营期电价的基础上，对新建发电项目实行按区域或省平均成本统一定价的电价政策。2018 年，煤电标杆电价为 0.453 元/KWh。2020 年，燃煤发电标杆上网电价改为基准电价 + 上下浮动的市场机制。

38、可再生能源电价 renewable energy electricity price

超过常规火电上网标杆电价的部分，附加在销售电价中分摊。2011 年 12 月 1 日起，可再生能源附加由 4 厘/kWh 上调到 8 厘/kWh。2013 年 9 月 5 日起，上调到 1.5 分/kWh。2016 年 1 月 1 日起，上调到 1.9 分/kWh。2019 年，财政部拨付可再生能源电价附加补助资金 866 亿元。

39、两部制热价 two-part price sytem for space heating

城市供热价格由容量热价和计量热价两部分组成。根据热用户热容量建设、维修和管理而投入的资金计算的热价称为容量热价；按用户的用热量和供热系统运营耗费的资金计算的热价，称为计量热价。计算容量热价的依据是：供热系统是根据热用户的最大热负荷建设的，无论用户用热多少或者是否用热，都要运行管理。因此容量热价是固定费用，应由所有用户分担。

40、能源偿还期 energy payback time

在可再生能源环境影响的生命周期评价中引入的概念，它是指某种可再生能源设备或产品在投入使用后所生产的能源或产品，需要多长时间才能抵偿制造这种设备或产品所消耗的能源，而该设备或产品在生命周期内免排的 CO_2，应为使用寿期内的免排量扣除制造过程所消耗的能源的排放量。2019 年，光伏组件能源偿还期为 2 年。

41、碳锁定 carbon lock-in

表述为，对化石能源高度依赖的技术成为主导技术。它与政治、经济、社会结合成一个"技术的制度综合体"，并为其广泛商业化铺路。结果形成一种共生惯性，阻碍无碳或低碳技术的发展。这种现象称为"碳锁定"。我国长期过度依赖煤炭形成的"碳锁定"，是低碳发展面临的最大挑战。

42、净能比 net energy ratio

美国碳研究所提出能源技术碳排放生命周期评估的"净能比"概念。"净能比"是一次能源产量扣除生产过程投入的能源后剩下的能量与产量之比。发展负净能比能源，会增加一次能源消费量。例如光伏电池、生物燃料、氢能、油页岩、油砂等是低或负净能比能源。

国际组织

经济合作与发展组织 Organization for Economic Co-operation and Development, OECD

经济合作与发展组织（简称经合组织），是市场经济国家组成的国际经济组织，1961 年 9 月 30 日成立，总部设在巴黎。目前，OECD 有 35 个成员国：澳大利亚，奥地利，比利时，加拿大，捷克，丹麦，芬兰，法国，德国，希腊，匈牙利，冰岛，爱尔兰，意大利，日本，韩国，卢森堡，墨西哥，荷兰，新西兰，挪威，波兰，葡萄牙，斯洛伐克，西班牙，瑞典，瑞士，土耳其，英国，美国，2010 年智利、爱沙尼亚、以色列、斯洛文尼亚加入，2016 年拉脱维亚加入。2018 年，OECD 人口达 13.18 亿，GDP 为 46.35 万亿美元。

经合组织的宗旨是：（1）实现成员国最高程度的可持续经济增长和就业，并提高生活水准，同时保持财政金融稳定，从而促进世界经济发展；（2）促进成员国经济健康成长，以及非成员国经济发展进程；（3）按照无歧视的国际契约，促进多边世界贸易的扩大。

国际能源署 International Energy Agency, IEA

1973 年第一次石油危机以后，在美国倡议下于 1974 年 11 月 15 日成立，总部设在巴黎。它是在经济合作与发展组织（OECD）的框架内为实施国际能源计划而建立的国际自治团体，担负成员国之间的综合性能源合作事务。其基本宗旨是：（1）保持并改进应付石油供应中断或出现混乱的体制；（2）通过与非成员国、产业界和国际组织的合作，促进全球范围的能源政策合理化；（3）保持永久性的国际石油市场信息系统；（4）发展替代能源，提高能源利用效率，以改善世界能源供需结构；（5）推进国际间环境和能源政策的研究制订。

现有 29 个成员国：澳大利亚，奥地利，比利时，加拿大，捷克，丹麦，爱沙尼亚，芬兰，法国，德国，希腊，匈牙利，爱尔兰，意大利，日本，韩国，卢森堡，荷兰，新西兰，挪 威，波兰，葡萄牙，斯洛伐克，西班牙，瑞典，瑞士，土耳其，英国，美国。欧洲委员会参与 IEA 的工作。

欧洲联盟 European Union, EU

简称欧盟。1993 年 11 月在欧洲共同体基础上成立。当时有 12 个成员国：法国，德国，意大利，荷兰，比利时，卢森堡，英国，丹麦，爱尔兰，希腊，西班牙，葡萄牙。1995 年 1 月 1 日，瑞典、芬兰、奥地利加入。2004 年 5 月 1 日，波兰、捷克、匈牙利、斯洛伐克、斯洛文尼亚、立陶宛、拉脱维亚、爱沙尼亚、马耳他、塞普路斯 10 国加入。2007 年 1 月 1 日，保加利亚、罗马尼亚加入。2013 年 7 月 1 日，克罗地亚加入。现有 28 个成员国，面积 460 万 km^2，2019 年人口 5.15 亿，GDP18.41 万亿美元。

1993 年 1 月 1 日起，欧盟内部实现商品、服务、人员和资本自由流动。2002 年 1 月 1 日起，欧元在 12 个成员国正式使用。欧盟总部设在布鲁塞尔。

世界能源委员会 World Energy Council,WEC

综合性国际能源组织。原为 1924 年创立的世界动力会议，1968 年改名为世界能源会议，1990 年更名为世界能源委员会。现有 98 个成员，是一个非官方、非盈利组织。其宗旨是研究、分析和讨论能源以及与能源有关的重大问题，为各国公众和能源决策者提供意见、咨询和建议。目前主要探讨以下问题：能源与环境，各种能源之间的相互关系，能源与公众，能源经济，能源效率与节能，能源与用户。WEC 的目标是在社会和环境可接受的条件下，促进能源发展，以及最有效地和平利用所有能源。

WEC 总部设在伦敦。1985 年中国成为 WEC 执行理事会成员。

石油输出国组织　Organization of the Petroleum Exporting Countries, OPEC

1960 年 9 月，伊拉克、伊朗、科威特、沙特阿拉伯和委内瑞拉的代表在巴格达开会，共同对付西方石油公司。14 日宣告成立石油输出国组织，简称欧佩克（OPEC）。总部设在维也纳。2020 年有 11 个成员国，除上述 5 国外，还有阿尔及利亚、安哥拉、阿拉伯联合酋长国、印尼。加蓬和印尼，分别于 1994 年和 2008 年退出，印尼于 2015 年 12 月重返，2019 年卡塔尔退出，2020 年厄尔瓜多退出。

OPEC 的宗旨是：协调和统一成员国的石油政策，并确定以最适宜的手段来维护各自的和共同的利益。2019 年，石油可采储量 1718Mt，占世界的 70.2%；原油产量 1680.0Mt，占世界的 32.8%。

一带一路　The Belt and Road, B&P

一带一路是"丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路"的简称。前者从中国西北、东北、西南经中亚、俄罗斯、中南半岛至欧洲、波罗的海、波斯湾、地中海和印度洋。后者从中国沿海港口过南海，经马六甲海峡到印度洋和南太平洋，延伸至欧洲。2018 年，一带一路有 65 个国家，包括中国的 18 个省份。人口 34.4 亿，GDP34 万亿美元，分别占全球的 48%和 40%。中国积极发展与沿线国家的经济合作伙伴关系。到 2018 年，累计直接投资达 800 多亿美元，带动这些国家钢铁、水泥等行业以及节能、环保等发展。

能源计量单位及换算

1、常用能源计量单位

tce	吨标准煤（吨煤当量）。标准煤是按煤的热当量值计算各种能源的计量单位。 1kgce=7000kcal=29307kJ
Mtce	百万吨标准煤
kgce	公斤标准煤
gce	克标准煤
toe	吨油当量。油当量是按石油的热当量值计算各种能源的计量单位。 1kgoe=10000kcal=41816kJ
Btu	英热单位。1Btu=252cal=1055J
kcal	千卡
Mt	百万吨
st	短吨。1st=2000Ib=907.185kg
MW	千千瓦（兆瓦）
GW	百万千瓦（吉瓦）
TW	10 亿千瓦（太瓦）
kWh	千瓦小时
GWh	百万千瓦小时
TWh	10 亿千瓦小时

2、能源计量单位换算

（1）中国

能源名称	平均低位发热量	折标准煤系数
原煤	20908kJ（5000kcal）/kg	0.7143 kgce/kg
洗精煤	26344kJ（6300kcal）/kg	0.9000 kgce/kg
其它洗煤		
洗中煤	8363kJ（2000kcal）/kg	02857 kgce/kg
煤泥	8363kJ（2000～3000kcal）/kg	02857～0.4286 kgce/kg
焦炭	28435kJ/（6800kcal）/kg	0.9714 kgce/kg
原油	41816kJ/（10000kcal）/kg	1.4286 kgce/kg
燃料油	41816kJ/（10000kcal）/kg	1.4286 kgce/kg
汽油	43070kJ/（10300kcal）/kg	1.4714 kgce/kg
煤油	43070kJ/（10300kcal）/kg	1.4714 kgce/kg
柴油	42652kJ/（10200kcal）/kg	1.4571 kgce/kg
液化石油气	50179kJ/（12000kcal）/kg	1.7143 kgce/kg
炼厂干气	45998kJ/（11000kcal）/kg	1.5714 kgce/kg
天然气	38931kJ/（9310kcal）/m^3	1.3300 kgce/m^3
焦炉煤气	16726～17981kJ/（4000～4300kcal）/m^3	0.5714～0.6143 kgce/m^3
其它煤气		
发生炉煤气	5227kJ/（1250kcal）/m^3	0 1786 kgce/m^3
重油催化裂解煤气	19235kJ/（4600kcal）/m^3	0.6571 kgce/m^3
重油热裂解煤气	35544kJ/（8500kcal）/m^3	1.2143 kgce/m^3
焦炭制气	16308kJ/（3900kcal）/m^3	0.5571 kgce/m^3
压力气化煤气	15054kJ/（3600kcal）/m^3	0.5143 kgce/m^3
水煤气	10454kJ/（2500kcal）/m^3	0.3571 kgce/m^3
煤焦油	33453kJ/（8000kcal）/kg	1.1429 kgce/m^3
粗苯	41816kJ/（10000kcal）/kg	1.4286 kgce/m^3
热力（当量）		0.03412 kgce/MJ （0.14286 kgce/1000kcal）
电力（当量）	3596kJ/（860kcal）/kW·h	0.1229 kgce/kW·h
（等价）	按当年火电发电标准煤耗计算	
生物质能		
人粪	18817kJ/（4500kcal）/kg	0.643 kgce/kg
牛粪	13799kJ/（3300kcal）/kg	0.471 kgce/kg
猪粪	12545kJ/（3000kcal）/kg	0.429 kgce/kg
羊、驴、马、骡粪	15472kJ/（3700kcal）/kg	0.529 kgce/kg
鸡粪	18817kJ/（4500kcal）/kg	0.643 kgce/kg
大豆秆、棉花秆	15890kJ/（3800kcal）/kg	0.543 kgce/kg
稻秆	12545kJ/（3000kcal）/kg	0.429 kgce/kg
麦秆	14635kJ/（3500kcal）/kg	0.500 kgce/kg
玉米秆	15472kJ/（3700kcal）/kg	0.529 kgce/kg
杂草	13799kJ/（3300kcal）/kg	0.471 kgce/kg
树叶	14635kJ/（3500kcal）/kg	0.500 kgce/kg
薪柴	16726kJ/（4000kcal）/kg	0.571 kgce/kg
沼气	20908kJ/（5000kcal）/kg	0.714 kgce/m3

（2）英国石油公司

原油换算

	吨	千升	桶	美制加仑	吨/年
吨=	1	1.165	7.33	307.86	—
千升=	0.858	1	6.2898	264.17	—
桶=	0.136	0.159	1	42	—
美制加仑	0.00325	0.0038	0.0238	1	—
桶/日=	—	—	—	—	49.8*

*按世界平均比重计算

石油制品换算

	桶换算成吨	吨换算成桶	千升换算成吨	吨换算成千升
LPG	0.086	11.6	0.542	1.844
汽油	0.118	8.5	0.740	1.351
煤油	0.128	7.8	0.806	1.240
粗柴油/柴油	0.133	7.5	0.839	1.192
燃料油	0.149	6.7	0.939	1.065

天然气（NG）和液化天然气（LNG）换算

	10亿立方米 NG	10亿立方呎 NG	百万吨油当量	百万吨 LNG	万亿英热单位	百万桶油当量
10亿立方米 NG=	1	35.3	0.90	0.74	35.7	6.60
10亿立方呎 NG=	0.028	1	0.026	0.021	1.01	0.19
百万吨油当量=	1.111	39.2	1	0.82	39.7	7.33
百万吨 LNG=	1.38	48.7	1.22	1	48.6	8.97
万亿英热单位=	0.028	0.99	0.025	0.021	1	0.18
百万桶油当量=	0.15	5.35	0.14	0.121	5.41	1

热值当量

1吨油当量约等于：	
热单位	1000万千卡
	42吉焦
	4000万英热单位
固体燃料	1.5吨硬煤
	3吨褐煤
气体燃料	见天然气换算表
电	12兆瓦时
	100万吨油约生产4500吉瓦小时电

来源：BP Statistical Review of World Energy，June 2015。